Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.	26	137–162	München, 31. 12. 1986

Grimmelfinger Schichten (Helvet der Vorlandmolasse) bei Manching und Ingolstadt an der Donau und ihre Beziehungen zur Nachbarschaft

Von Hans Karl Zöbelein & Hans Füchtbauer*)

Mit 4 Tabellen

Kurzfassung

Sedimentpetrographische Untersuchungen ergaben, daß Quarzsande und -kiese aus Bohrungen bei Manching und Ingolstadt sich nicht signifikant von anstehenden Grimmelfinger Schichten unterscheiden. Überlagernde fossilführende Kirchberger Schichten in der Bohrung Ingolstadt bestätigen die Grimmelfinger Schichten. Diese Sedimente liegen in der Graupensandrinne, deren Breite hier auf ca. 7 km nachgewiesen ist. Durch die Rinne floß der östliche Zubringer des Graupensandflusses, den Kiderlen gefordert hatte. Im ENE von Ingolstadt konnten Grimmelfinger Schichten nicht identifiziert werden, auch nicht in der ,,Süßbrackwassermolasse" bei Abensberg. Im WSW von Ingolstadt wurden in der Fortsetzung der Graupensandrinne Kirchberger und Grimmelfinger Schichten verschiedentlich durchbohrt. Bei Berg, N Donauwörth, stehen helvetische Helicidenschichten an. Der junghelvetisch-alttortone Hiatus verläuft über diesen. Auf Kartenblatt Wittislingen liegt er laut Gall zwischen Oberer Meeresmolasse und Oberer Süßwassermolasse. Der Hiatus bezeugt die Lage beider Gebiete auf der Albsteinschwelle im NW der Graupensandrinne. Der Albstein, der normalerweise über den Heliciden-schichten oder mitunter über der Oberen Meeresmolasse folgt, fehlt hier und wurde vielleicht abgetragen. Die Albsteinschwelle dürfte sich im ENE mindestens noch bis Ingolstadt fortsetzen.

Abstract

According to sedimentpetrographical investigations the quartz sands and gravels from wells near Manching and Ingolstadt are not significantly different from the Grimmelfingen beds at the locus typicus. The overlying Kirchberg beds confirm the Grimmelfingen beds in the well near Ingolstadt. The latter belong to the ,,Graupensand" channel, the width of which is testified here about 7 km. Through the channel flew the eastern confluence of the Graupensand-river as postulated by Kiderlen. Grimmelfingen beds could not be identified ENE of Ingolstadt nor in the ,,Süßbrackwassermolasse" of Abensberg. WSW of Ingolstadt, in the continuation of the Graupensand channel, Kirchberg and Grimmelfingen beds have been drilled at several localities. Near Berg, N of Donauwörth, Heliciden beds are found in-situ. The late Helvetian to early Tortonian hiatus is topping them. In the area of Wittislingen this hiatus is situated between the

*) Dr. H. K. Zöbelein, Arnpeckstraße 10, 8000 München 90. – Prof. Dr. H. Füchtbauer, Kemnader Straße 349 b, 4630 Bochum 1.

Obere Meeresmolasse and the Obere Süßwassermolasse. The hiatus testifies the position of both areas on top of the Albstein ridge NW of the Graupensand channel. The Albstein which covers generally the Heliciden beds, in places the Obere Meeresmolasse, is lacking here and is perhaps eroded. The Albstein ridge is expected to continue in eastnortheastern direction at least until Ingolstadt.

Inhalt

A. Vorwort und Danksagung, Kürzel

Bei der Suche nach Bohrprofilen in der Graupensandrinne erfuhr der Bearbeiter des geologisch-stratigraphischen Teils dieser Schrift, ZÖBELEIN, daß noch Proben der Wasserbohrung Manching (ca. 7 km SE Ingolstadt) vorhanden sind. Später ergab sich, daß auch noch Proben der Wasserbohrungen Ingolstadt-Buschletten 1 und 2 vorliegen. Quarzsande und -kiese aus diesen Bohrungen sowie solche aus anstehenden Grimmelfinger Schichten hat FÜCHTBAUER sedimentpetrographisch untersucht. Stratigraphisch-paläogeographische Folgerungen erstrecken sich auf die Anschlußgebiete ENE und WSW Ingolstadt. Bei der Ausarbeitung des Manuskriptes ergab sich, daß TRAUB die von ihm (1971: 359) erwähnten „Quarzkiese" der Bohrungen Ingolstadt-Buschletten 1 und 2 gegenüber GALL (1971b: 316) schon als Grimmelfinger Schichten in der Fortsetzung der Graupensandrinne nach ENE bezeichnet hatte.

Die Bohrproben wurden bis auf etwas Belegmaterial an die Ausleiher zurückgegeben, die zugehörigen dunklen Gemengteile >4 mm und die Proben aus dem Anstehenden (Kap. C) in der Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. in München hinterlegt. Die Mineralpräparate werden im Geol. Inst. der Ruhruniversität Bochum aufbewahrt.

Herr Leit. R.-Dir. Dr. G. ANDRES vom Fachbereich Hydrogeologie des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft in München genehmigte, Bohrprofile auszuwerten und zu veröffentlichen. Die dortigen Herren R.-Dir. Dr. K. SÖLLNER und Dr. R. ULBRICH sowie Dr. R. EGGER halfen bei der Auswahl und Erfassung einschlägiger Profile und wiesen auf noch verfügbares Bohrgut hin. Manchinger Proben machten der damalige Erste Bürgermeister Herr H. STUTZ, der Wasserwart Herr K. LANGNER und Herr R. HEMMERICH zugänglich, Ingolstätter Proben Herr Archivamtsrat CH. DITTMAR und Mitarbeiter. Profilbeschreibungen und -zeichnungen von Wasserbohrungen in Dillingen stellte der Techn. Werkleiter der dortigen Wasserwerke, Herr W. RATHGEB zur Verfügung. Herr Prof. Dr. V. FAHLBUSCH vom Univ.-Inst. f. Paläont. hist. Geol. München gab Auskünfte über die Bewertung von Säugerfunden. Herr Dr. E.-D. MÜLLER am gleichen Institut beurteilte Kieselschiefer-Gerölle und ermöglichte einen Gedankenaustausch. Die Herren Dres. H. A. HAUS, Überlingen, F. HOFMANN, Neuhausen am Rheinfall, Schweiz, und M. WARTH, Naturhist. Museum Stuttgart, lieferten Hinweise und Ergänzungen zu ZÖBELEIN 1985a. Den Herren sei hier nochmals für ihr Entgegenkommen gedankt.

Kürzel: OMM = Obere Meeresmolasse; OSM = Obere Süßwassermolasse; SBM = Süßbrackwassermolasse; USM = Untere Süßwassermolasse; HWTS = Herrnwahlthanner Schichten (in Kap. J).

B. Bohrprofile von Manching und Ingolstadt

Die Charakterisierung der durchsunkenen Schichten beruht auf Bohrmeisterangaben. Statt „Ton" dürfte, mit Ausnahme des Bereichs der Grimmelfinger Schichten, Tonmergel oder Mergel zu lesen sein. Die im Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft, Fachbereich Hydrogeologie vorliegenden Bohrgut-Beschreibungen werden hier stark gerafft wiedergegeben. Teufen in Metern.

1. Manching

Wasserbohrung („Hauptbrunnen 1") auf Bl. 7234 Ingolstadt, knapp E der Autobahn und zwar 150 m NW P 465 und 890 m SW der Ortskirche, r = 442245, h = 539741. Bohransatzpunkt ca. 366 m ü. NN., Bauzeit 1972–1973.

–10,1 Grob-, Mittel-Feinkies
–85,1 Ton, grau, mit Sandschichten
–109,8 Quarzkies, mittel und fein
–113,2 Feinsand, grau
–117,1 Ton, feinsandig
–161,0 Kalkstein, klüftig
–170,0 Kalkstein, kompakt

Bohrproben im Wasserwerk Manching nach Augenschein: Teile der Schichtfolge waren nicht belegt. Manche Teufenangaben waren unleserlich. Beim Profil und dessen Deutung lege ich, auch bei den differierenden Daten über den Quarzkies, die Angaben des Bohrmeisters zugrunde.

–10,1	(s. oben)
–51,×	meist Mergel, grünlichgrau, seltener hellgrau; öfter gelbbraun gefleckt, teils glimmerig
51,4–73,9	Mergel, grau, teils braunstichig; davon 51,4–55,7 mit Braunkohlenresten
85,0–112,4	Quarzkies
116,2	Sand, hellgrau, rauh, mit Glimmer und kleinen, dunklen Beimengungen
117,1	Mergel, grau, feinsandig, dünnblättrig
117,×	Weißjura, grau
150,×	dsgl., hellgrau, teils dünnplattig
157,8–?161,×	Weißjura, grau

Profildeutung: Bis 10,1 m Quartär; bis 51,4 m (= 41,3 m) OSM, Mittel? – und Unter-Torton (Baden z. T. ? + Karpat; s. Abschnitt 5); bis 85,1 m (= 33,7 m) OSM, Unterst-Torton + Kirchberger Schichten, Ober-Helvet (Ober-Ottnang); bis 109,8 m ? (= 24,7 m ?) Grimmelfinger Schichten, Ober-Helvet; bis 117,1 m (= 7,3 m) USM?, Aquitan – Chatt; bis 170,0 m (= 52,9 m) Weißjura.

Bemerkungen: Bei 51,4 m werden die meist grünlichgrauen, gelbbraun gefleckten Mergel mit Sandlagen, die anderwärts den obermiozänen „Flinz" bilden, von grauen, teils braunstichigen Mergeln mit kohligen Beimengungen abgelöst. Im tieferen Teil der Strecke 51,4–85,1 m sind über den Grimmelfinger Schichten wie üblich Kirchberger Schichten zu erwarten. Da letztere laut Literaturangaben meist nicht über 15–20 m und nie über 30 m mächtig sind, dürfte der höhere Teil dieser Strecke noch der OSM (dem tiefsten Torton) angehören. Im tieferen Torton sind kohlefarbene oder kohlige Lagen auch anderwärts bekannt (vgl. Gall 1971a: 71, 74). Mit kohligen Einschaltungen ist auch in den Kirchberger und Grimmelfinger Schichten zu rechnen (s. Abschn. 2–4). Nach der Literatur erreichen die Grimmelfinger Schichten gelegentlich um die 25 m, nie über 30 m Mächtigkeit. Möglicherweise werden sie in Manching von 109,8–117,9 m (= 7,3 m) von restlicher USM (Chatt/Aquitan) unterlagert (vgl. C 2).

2. Ingolstadt-Buschletten 1

Tiefbrunnen 1 der städtischen Wasserversorgung Ingolstadt, Bl. 7234 Ingolstadt, 4,1 km SW des Rathauses (Stadtmitte), nahe dem rechten Donau-Ufer (s. Traub 1971: 357 Abb. 1), r = 445509, h = 540019. Bohransatzpunkt ca. 369 m ü. NN., Baujahr 1963.

–6,8 Humus (0,3 m) und Grobkies, grau
–78,0 Ton, grau (selten dunkel- oder hellgrau oder gelbgrau), mit vereinzelt ,,Flinzsand"-Lagen von 0,7–1 m
78,0–104,0 Ton, grau, doch häufiger als darüber mit dunkel- oder schwarzgrauen Strecken, teils mit Braunkohle (bei 78–79, 88–90, 90–92 m), mit Glimmersand von 83–85 m, grau, sehr fein und tonig
104,0–119,0 Quarzkies, grau, bis 10 und 15 mm ∅, tonig, teils mit Braunkohle
119,0–120,0 Ton, grau, mit Kies und Braunkohle
120,0–216,4 Dolomit

Profildeutung: Bis 6,8 m Quartär; bis 78,0 m (= 71,2 m) OSM, Mittel(?)-Unter-Torton; bis 104,0 m (= 26,0 m) OSM, Unterst-Torton + Kirchberger Schichten; bis 120,0 m (= 16 m) Grimmelfinger Schichten; bis 216,4 m (= 96,4 m) Weißjura.

Bemerkungen: Siehe Abschnitt 1.

3. Ingolstadt-Buschletten 2

Tiefbrunnen 2, ca. 350 m neben Tiefbrunnen 1, etwas nordwärts gegen die Donau verschoben (s. Traub's Abb.), r = 445483, h = 540025, Bohransatzpunkt ca. 370 m ü. NN., Baujahr 1969.

–6,0 Mittel- und Grobkies
–6,8 Fein- und Grobkies
–7,2 Feinsand, graugrün, mit großen Kalksteinfindlingen
–61,0 Ton, seltener Feinsand oder ,,Flinz"; meist grünlich oder graugrün, selten grau, dunkelgrau oder dunkelbraun
–63,3 Flinz, grünlich, leicht tonig
–65,4 Ton, grünlich, fett
–66,0 Ton, schwarz mit Kohle
–74,8 Ton, graugrün, mit Kalkeinlagen
–90,4 Ton, graugrün, braun bis dunkelbraun, fettig, öfter hart
–102,6 Quarzkies, grau, fest gelagert, leicht tonig
–158,2 Dolomit

Profildeutung: Bis 12,8 m Quartär; bis 63,3 m (= 50,5 m) OSM, Mittel(?)- und Unter-Torton; bis 90,4 m (= 27,1 m) OSM, Unterst-Torton + Kirchberger Schichten; bis 102,6 m (= 12,2 m) Grimmelfinger Schichten; bis 158,2 m (= 55,6 m) Weißjura.

Bemerkungen: Siehe Abschnitt 1. Die Mergel ab 63,3 m werden abweichend von jenen im Hangenden teils als ,,fettig", braun bis dunkelbraun und kohleführend bezeichnet. Solche dunklen Lagen kommen auch in den Kirchberger-Schichten vor, wie der Fund brackischer Mollusken (Kap. E) bei etwa 85 m beweist.

4. Ingolstadt-Hadertor und -Schäffbräu

a) Gümbel bringt (1891: 299) das Profil einer 77,75 m tiefen Brunnenbohrung am ,,Haderthor" NW von Ingolstadt-Mitte, das von Ammon (1911: 61) und Schnitzer (1965: 42) wiedergeben. Das Gelände am Hadertor liegt auf etwa 373 m. ü. NN. (freundl. Mitt. von Herrn Ch. Dittmar). Das Profil zeigt Braunkohlenflöze in den Teufen 54,75–56,75 m, 70,75–73,77 m und 76,75–77,75 m. Liegendes ist ab 77,75 m ,,Ziemlich fester Quarzsand".

Profildeutung: Die kohleführende Folge von 54,75 bis 77,75 m (= 23 m) kann mit den angenommenen Schichtpaketen „Unterst-Torton + Kirchberger Schichten“ bei Manching (33,7 m), Buschletten 1 (26 m) und 2 (27,1 m) verglichen werden. Die beiden unteren Flöze liegen demnach in Kirchberger Schichten. Die Grimmelfinger Schichten wären rund 17 m mächtig, wenn sie bis zum Weißjura-Dach durchgehen, das SCHNITZER (1965: 42, 43) in ähnlicher Teufe wie in der Bohrung Schäffbräu, dort in 278 oder 279 m ü. NN. nach Bohrmeisterangaben annimmt (s. b und Kap. G).

b) In der Bohrung Schäffbräu in der Stadt-Mitte, Ansatz 368 m ü. NN., wurden wie in a) 3 Braunkohlelagen durchfahren. SCHNITZER verweist (1965: 43) auf die annähernd gleiche Lage der beiden oberen bei 53,70–55,90 m und 67,50–68,20 m, indes die untere bei 80,70–81,90 m auftritt. Von 11,50–52,00 m (= 40,50 m) nehme ich Mittel(?)- und Unter-Torton, bis 68,20 m (= 16,20 m) Unterst-Torton + Kirchberger Schichten an. Grimmelfinger Schichten werden nicht erwähnt. Da unwahrscheinlich ist, daß sie hier fehlen, betrachte ich als solche die feinkörnigen, teils tonigen Glimmersande und sandigen Glimmertone etc. von 68,20–85,40 m (= 17,20 m). Daß Grimmelfinger Schichten in dieser Ausbildung vorkommen, betont KIDERLEN (1931: 285). SCHNITZER erscheint (: 43) der vom Bohrmeister angegebene „Dolomit“ bei 85,40–85,80 m fraglich. Da aber im Liegenden „Ton(e) mit Kalkeinlagen“ bis 89,00 m folgen, könnte hier die Auffüllung einer Tasche im Weißjura vorliegen.

5. Einstufung der Oberen Süßwassermolasse der Bohrungen 1–4

Die Bohrungen liegen in der Graupensandrinne, N der unteren OSM-Grenze DEHM's und der A-Grenze LEMCKE's & a. und somit im Torton (s. Molassekarte). Lage und relativ geringe Mächtigkeiten sprechen für tiefstes samt tieferem und mittlerem (?) Torton. GALL hat auf Bl. 7328 Wittislingen unter- und mitteltortone OSM auf der nordwestlichen Albsteinfläche faunistisch nachgewiesen (1971a: 65f.; s. Kap. K 4 u. 5). Torton ist auch andernorts über der Südlichen Frankenalb belegt (Lit. s. Kap. G). Postriesische OSM des „Ober-Sarmat bis Unter-Pont“, wie sie GALL & MÜLLER (1970: 124 f.) in Form der Monheimer Höhensande durch den Fund von *Dinotherium* aff. *giganteum* und SCHMIDT-KALER (1974) durch eine Bohrung festgestellt haben [nach ZÖBELEIN 1985b: 249f., Nr. 103 j wohl Sarmat], ist im Bereich der vorgenannten Bohrungen nicht bekannt.

C. Vergleichsproben aus anstehenden Grimmelfinger Schichten

1. Grimmelfingen

Die Proben 1 und 2 stammen aus der ehemaligen, großenteils verwachsenen Grube von Grimmelfingen (Bl. 7625 Ulm-Südwest; ca. 5 km SW Ulm), SE des dortigen Gehrenweges; Probe 1 aus gröberkörnigem Material 1 m unter der Hangkante, Probe 2 aus feinerem Material etwas tiefer. – Probe 3 kommt aus der tieferen der beiden verwachsenen Gruben an der „Alten Wanne“ am W-Rand von Grimmelfingen.

2. Eggingen

Probe 6 stammt aus mittelkörnigen Grimmelfinger Schichten der großen, in Betrieb befindlichen Grube ca. 300 m W Eggingen (Bl. 7625; ca. 9 km SW Ulm). Am W-Rand (Tiefsten) der

Grube war schokoladenbrauner, kohliger Mergel, wohl der Unteren Süßwassermolasse (USM) erschlossen. Darüber folgen bis zum Ostrand 14 m (nicht „4 m" in HELING 1966: 193) Grimmelfinger Schichten und ca. 2,5 m Lehm. – In der ehemaligen Grube, jetzt Mülldeponie ca. 500 m W Eggingen stehen an der Westseite 14–15 m Grimmelfinger Schichten an.

D. Sedimentpetrographische Untersuchungen (FÜCHTBAUER)

1. Grimmelfingen, Eggingen, Manching (Tabelle 1)

Es wurden wie in früheren Arbeiten etwa 100 Schwerminerale der Fraktion 60–400 Mikron ausgezählt, ebenso 100 Leichtminerale, in einem Öl mit n = 1,531, welches eine Unterscheidung von Quarz, Albit und Kalifeldspat erlaubt. Allenfalls könnten unverzwillingte, basische Plagioklase als Quarz gezählt worden sein, was jedoch unwahrscheinlich ist, da der Gehalt an verzwillingten Plagioklasen unter 1% liegt und diese unter den Plagioklasen zu überwiegen pflegen. Bei den Leichtmineralien wurden Quarz/Quarzgesteinsbruchstücke als Quarz gezählt und Glimmer nicht berücksichtigt, obwohl viel Muskowit vorhanden ist, und in den Schwermineralpräparaten auch Chlorit. Der in Tab. 1 oben aufgeführte Median bezieht sich auf die Schwermineralfraktion.

Beurteilung der Schwermineralanalysen

Die Schwerminerale erlauben es, die Proben in 3 Gruppen einzuteilen: A. Grimmelfingen bei Ulm; B. Eggingen bei Ulm; C. Manching bei Ingolstadt. Bei aller Verschiedenheit enthalten die drei Gruppen etwas Andalusit und für normale Molasseprofile zu wenig Feldspat, wobei der für den Bayerischen Wald typische Kalifeldspat deutlich überwiegt. Dies alles, sowie der fehlende Karbonatgehalt, deutet auf eine Schüttung aus nördlicher Richtung hin, wie es für das Flußsystem der Grimmelfinger Schichten, die sogenannte Graupensandrinne (KIDERLEN 1931) typisch ist. Das Fehlen von Karbonat könnte in den Oberflächenproben verwitterungsbedingt sein, doch spricht der geringe Gehalt auch in der Bohrung Manching für einen primär verminderten Karbonatgehalt. Andererseits ist das Zurücktreten des Feldspats mit einer direkten Abkunft vom Westteil der Böhmischen Masse kaum vereinbar. Hierfür wie auch für die Glassande des Chatt ist deshalb entweder ein sedimentärer „Zwischenwirt" (s. KIDERLEN 1931: 300–301, 307 f.) oder eine sehr intensive Verwitterung – wie sie im Miozän möglich wäre – anzunehmen. Mit Vorbehalt lassen sich die Kollektive A–C anhand des Schüttungskärtchen in FÜCHTBAUER (1954: 33, 2f) diskutieren:

A = Nordschüttung. Der hohe Epidotgehalt und die Hornblendespuren beruhen vermutlich auf einer lokalen Aufarbeitung von OMM-Material alpiner Herkunft (LEMCKE et al. 1953: 37; FÜCHTBAUER 1954: 38).

B = Nordschüttung. Hier scheint die Aufarbeitung kaum eine Rolle zu spielen, wie die geringen Epidot-(und Apatit-)gehalte zeigen.

C = Ostschüttung (im genannten Schüttungskärtchen gestrichelt; paßt auch geographisch in dieses Kärtchen). Dieses Kollektiv hat offenbar eine geringere Molassekomponente als die von mir 1954 untersuchte Ostschüttung. Außerdem fallen in Manching abnormal große Disthene, Zirkone (nicht alle!), Apatite (nicht alle!) und Andalusite auf, wie sie in alpinen Schüttungen nicht vorkommen.

Der geringe Epidotgehalt der Manchinger Proben läßt auch hier an eine alpine Zumischung durch Aufarbeitung denken, doch kann diese wegen des fast völligen Fehlens von Hornblende

Tabelle 1

	Grimmelfingen			Eggingen	Bohrung Manching		
Proben-Bezeichnung	1	2	3	6	a	b	c
Teufen (in m)	anstehend				85-109	88,1-112,4	ohne Teufe
Median-∅, geschätzt	0,2	0,25	0,2	0,2	0,2	0,15	0,3
Verhältn. Granat / übrige Schwerminer.	5,5	1,4	1,0	2,5	3,3	5,5	11
Schwerminerale (%) ohne Granat							
Apatit	6	17	5	0	33	44	10
Epidot	19	29	43	6	17	9	3
Staurolith	40	32	28	35	23	15	27
Turmalin	2	7	5	8	7	3	15
Zirkon	12	3	0	17	10	17	27
Rutil	12	3	4	17	4	4	7
Disthen	6	5	7	14	1	5	9
Hornblende	–	1	1	0	1	2	–
Chloritoid	–	1	2	1	1	–	–
Andalusit	1	0	2	1	1	–	1
Sonstige (Anatas, Brookit, Sillimanit, Titanit)	2	2	3	1	2	1	1
Leicht-min. (%)							
Quarz	97	97	98	90	91	94	93
Kalifeldspat	2	3	0	10	9	4	5
Plagioklas	1	0	2	0	0	2	2

SEDIMENTPETROGRAPHISCHE FORMELN
(FÜCHTBAUER 1964: 165)

	Grimmelfingen 1–3	Eggingen 6	Manching a, b	Manching c
(Großbuchstaben ≥ 10% der Schwermin. ohne Granat)	G, SE, ardzt (chl., h, ti, and)	G, SZRD, te (an, and)	G, ASZE, trd (h, and)	G, SZTA, dre (an, and)
Unterschiede:	r u t i l r e i c h e r		a p a t i t r e i c h e r	
Deutung:	NE-Schüttung mit Südeinschlag	NE-Schüttung ohne Südeinschlag	E-Schüttung	

KORNGRÖSSENANALYSEN
(%)

	1	2	3	6	a	b	c
<60 µm	1,5	5,7	3,5	5,5	0,3	0,4	0,1
60 - 120	2,8	8,3	4,5	5,6	0,4	1,3	0,3
120 - 250	10,7	51,8	25,8	22,9	0,3	1,2	7,5
250 - 500	4,8	15,5	29,7	9,0	0,6	2,0	36,9
500 µm - 1 mm	5,0	4,8	18,6	18,4	14,3	5,0	28,3
1 - 2 mm	13,2	4,6	10,6	17,1	12,6	12,0	4,0
2 - 4 mm	35,4	6,3	4,7	14,5	25,8	22,6	5,4
>4 mm	26,6	3,0	2,6	7,0	45,7	55,5	17,5
Median-∅ in mm ca.	2,5	0,2	0,37	0,7	3,6	4,2	0,9

KARBONATGEHALT
(% $CaCO_3$)

1	2	3	6	a	b	c
<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

nur gering gewesen sein. Hornblende nämlich ist in der Oberen Meeresmolasse und in der Oberen Süßwassermolasse gerade des Gebietes von Manching eines der Hauptschwerminerale. Zwar ist in der unvermischten Nordost-Schüttung, den Glassanden der Unteren Süßwassermolasse, weder Apatit noch Staurolith enthalten. Doch machen die so gänzlich unalpin großen Apatite und Disthene in den Proben dieser Arbeit stutzig. Sie fehlen in den USM-Glassanden, so daß damit zu rechnen ist, daß es sich im vorliegenden Fall um eine anders zusammengesetzte Zufuhr aus dem Bereich des ostbayerischen Kristallins handelt. Hierzu paßt auch die Beobachtung, daß Granat, der in den chattischen Glassanden nur akzessorisch vorkommt (FÜCHTBAUER 1964: 170 f.), in allen Proben der vorliegenden Arbeit das überwiegende Schwermineral ist. Es sieht hiernach so aus, als ob jetzt eine durch Mitteldruckmetamorphose charakterisierte tektonische Einheit der Böhmischen Masse zum direkten oder indirekten Abtragungsgebiet wurde (BLÜMEL mdl.). Hier könnte eine genauere Untersuchung der Granate weiterführen, die aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Der für einen Teil der Glasande typische Andalusit ist nur noch in Spuren nachgewiesen. Eine genauere Herleitung der nicht-alpinen Schüttungen muß einer eingehenden sedimentpetrographischen Bearbeitung vorbehalten bleiben. Nach alledem ist jedoch die Zuweisung der Manchinger Proben zu den Grimmelfinger Schichten der Süßbrackwassermolasse unumgänglich. Im ganzen spricht wohl wenig gegen das Bild eines durchgehenden Flusses, der in seinem Lauf aus der aufgearbeiteten OMM mehr oder weniger Epidot aufgenommen hat.

Die erste Probe von Grimmelfingen und die zwei ersten Proben von Manching sind als Kiese anzusprechen.

2. Ingolstadt-Buschletten 2 (Tabelle 2)

Die Schwerminerale aus 5 nachgereichten Proben von Quarzsanden und -kiesen wurden zusammengefaßt. Insgesamt wurden – Granat nicht gerechnet – 200 Körner ausgezählt. Auf Feldspäte wurde nicht geprüft.

Tabelle 2

BOHRUNG INGOLSTADT-BUSCHLETTEN 2

Proben-Bezeichnung			a	b	c	d	e
Teufen (in m)			92,4-94,8	95,3-98,2	98,2-100	100-102,3	102,8-103,45
SCHWERMINERALE Verhältnis Granat/ übrige Schwerminerale = 4,5	Schwerminerale (%) ohne Granat	Körnung	KORNGRÖSSEN (%)				
Apatit	22	>63 µm	0,5	0,9	0,4	0,3	0,3
Epidot	24	63-125	0,3	0,7	0,5	0,5	0,3
Staurolith	25	125-250	0,4	1,1	0,9	4,7	1,2
Turmalin	11	250-355	0,2	0,5	0,4	2,4	1,0
Zirkon	7	355-500	0,3	0,6	0,5	2,8	1,4
Rutil	4	500-710	0,6	0,7	0,8	4,3	2,4
Disthen	4	710-1000	1,7	1,4	2,1	6,0	5,3
Hornblende	0	1-2 mm	17,9	12,6	15,2	16,4	35,1
Chloritoid	1	2-4 mm	61,0	42,2	53,8	40,2	32,8
Andalusit	(?) 1	>4 mm	17,1	39,3	25,4	22,4	20,2
MEDIANDURCHMESSER (mm) ca.			3	3,5	3	2,5	2
KARBONATGEHALT (% $CaCO_3$)			3,3	4,2	9,2	3,1	12,5

Die Proben unterscheiden sich demnach nicht signifikant von den beiden ersten Proben aus Manching (Tab. 1). Der etwas erhöhte Karbonatgehalt ist neu. Er könnte durch Aufarbeitung von OMM-Material oder durch Verunreinigung des Bohrguts (etwa durch Nachfall, den ZÖBELEIN mehrfach gefunden hat) bedingt sein. Auch diese Proben können nach dem weit überwiegenden Gemengteil als Quarzkiese bezeichnet werden.

E. Fossilfunde

Grimmelfingen 1 lieferte in der Fraktion >4 mm 3 *Celtis*-Früchte. Im graugrünen bis bräunlichen Mergel von Buschletten 2 (76,9–90,4 m; ca. 5 m über dem Quarzkies, also in etwa 85 m Teufe) fanden sich 11 Bruchstücke und 1 Abdruck von Cardiaceen und 9 Bruchstücke sowie 2 ganze Exemplare von Congerien. Es sind Kümmerformen aus Kirchberger Schichten, die auf verminderten Salzgehalt des Wassers, vielleicht wegen des nahen Nordrandes der Graupensandrinne (s. Kap. F) schließen lassen.

F. Breite der Graupensandrinne bei Ingolstadt-Manching

TRAUB gibt (1971: 357 Abb. 1, 358) für die Bohrungen „Wasserwerk am Augraben" (ca. 4 km NW Ingolstadt-Mitte) von 3,60–37,00 m „feinsandige Tone des Jungtertiärs" auf Weißjura an. SCHNITZER bringt (1965: 41–42) die vollständigen Profile von Au-Graben I und II (Ansatzhöhe jeweils 375 m ü. NN.). Über dem Weißjura in 37,00 bzw. 34,60 m Teufe liegen 33,2 bzw. 31 m Tertiär, das in seinen untersten Teilen vereinzelt dunkle Lagen führt. Grimmelfinger Schichten fehlen. Die Bohrung Kraut-Buckel (ca. 3 km NNE Ingolstadt-Mitte; s. TRAUB 1971: 357 Abb. 1) steht von Beginn an in Weißjura-Dolomit (SCHNITZER 1965: 41)[1]. Diese Bohrungen liegen also schon außerhalb (NW) der Graupensandrinne. Die Grimmelfinger Schichten und damit die Graupensandrinne sind in den Bohrungen von Ingolstadt bis Manching auf ca. 7 km Breite nachgewiesen. Bei einer mittleren Breite der Eigentlichen Graupensandrinne von 10–15 km könnten ihre Ränder jeweils einige km außerhalb dieser Bohrungen verlaufen.

G. Bemerkungen zur Tektonik

SCHNITZER zufolge (1965: 43) handelt es sich bei „einem allmählichen Absinken der Malmoberfläche ohne Beteiligung von größeren Störungen" unter das Jungtertiär bei Ingolstadt offenbar „um mehrere flexurartige Abbiegungen (vgl. Abb. 15)". Laut TRAUB (1971: 359) darf man aus der unterschiedlich hohen Lage des Quarzkieses in Buschletten 1 und 2 („104–119 m" = 265–250 m ü. NN. bzw. „90,4–102,6 m" = 279,6–267,4 m ü. NN) bei fast ebenem Gelände und der geringen Entfernung der beiden Bohrungen „eher an eine Verwerfung denken als an eine Flexur".

Die Weißjura-Oberfläche liegt in der Bohrung Schäffbrau laut SCHNITZER (1965: 42, 43) in 278 oder 279 m ü. NN. und ist bei Hadertor in ähnlicher Teufe zu erwarten. Südwärts davon liegt sie in Buschletten 2 auf ca. 267,4 m ü. NN., also rund 11 m tiefer. In Buschletten 1 sinkt sie auf 249 m ü. NN., also um weitere 18,5 m ab und bleibt bis Manching mit 248,8 m gleich

---

[1]) Ansatzhöhen ü. NN. laut freundl. Mitt. von Herrn Dr. G. ANDRES: Kraut-Buckel 1 und 2 = 371,00 m; Kraut-Buckel 3 = 370,00 m.

hoch. Laut SCHNITZER (: 44) ist die „heutige Höhenlage der obermiocänen Süßwasserkalke nur durch eine postobermiocäne tektonische Verstellung der Südlichen Frankenalb zu erklären". „Insgesamt hat man den Eindruck, daß die Verbiegungstektonik und das Generaleinfallen nach SE sehr alt sind, aber in junger und jüngster Zeit erhebliche posthume Bewegungen [„altangelegter tektonischer Elemente"] stattgefunden haben."

Was die vorausgegangene Tektonik betrifft, so war im Oberhelvet ein Teil der Südlichen Frankenalb im Bereich der Graupensandrinne abgesunken. Während dieser Zeit dürften die „Albstein"-Schwelle und ihr Jura-Untergrund auch hier ihre Höhenlage beibehalten haben (: 158). Nach dem Unterst-Torton erfolgte deren Absenkung (ZÖBELEIN 1983: 160; 1985b: 213 Nr. 8). Auf die Tieflage verweisen z. B. ANDRES (1951: 22f.), SCHNITZER (1965: 43–44) und GALL (1971b: 317 f., dort weitere Autoren). Dafür werden u. a. die Bildung von Algen-Süßwasserkalken in 10–20 m Wassertiefe und das Übergreifen der alpinen Schüttung angeführt. Im Obertorton, noch vor dem hochtortonen Riesereignis, erfolgte eine tiefe Zertalung. Sie setzt ein beträchtliches Gefälle zwischen dem Molassebecken und dem Südlichen Frankenjura durch dessen Hebung voraus (s. GALL 1971a: 80–83). Einher ging eine synsedimentäre Senkung des Molassebeckens. Der Jura muß wieder abgesunken sein, als die Graisbacher Geröllsande im südöstlichen Vorries (7,5 km NNW der Lechmündung) abgelagert wurden. Denn sie sind nach GALL (1971b: 295, 311 f.; 316 f.) „als jüngste und nördlichste Schüttung der Hangendserie (Ober-Sarmat bis Unter-Pont) aufzufassen". Im Unter-Pannon ist auf der Alb noch sedimentiert worden, worauf u. a. der Fund eines Zahnes von möglicherweise *Hipparion* in der Spaltenfüllung am Vohbühl bei Bopfingen hinweist (SCHRÖDER & DEHM, zit. in SCHETELIG 1962: 91–92; GALL & MÜLLER 1970: 127; GALL 1971b: 319). Unterpannonische Sedimentation hat auch im Molassebecken angedauert, wie die noch verbliebenen Säugerfaunen von Geratskirchen und Hammerschmiede beweisen (s. ZÖBELEIN 1985b: 250). „Im Zuge der kräftigen Heraushebung Süddeutschlands vom höheren Unterpliozän (gesperrt) an wurden die postriesischen Sedimente auf der Alb und im Vorland wieder weitgehend abgetragen." „Am Albsüdrand erfolgte die Anlage der ‚Urdonau'" (GALL 1971b: 322), also wohl im höheren Unterpannon oder im Mittelpannon. Der von einem Donauvorläufer abgelagerte Schotterkegel von Hollabrunn/N.-Ö. enthält u. a. *Anchitherium aurelianense* und Ostracoden, die für älteres bzw. mittleres Pannon sprechen (THENIUS 1982: 693).

H. Dunkle Gemengteile (Lydite etc.) und ihre Herkunft

Wegen des Zusammenhanges werden nach Abschnitt 1 die möglichen Liefergebiete der Lydite (Abschn. 2–4) erörtert.

1. „Lydite" in Grimmelfinger Schichten

Da Lydite für die Herkunftsfrage der Grimmelfinger Schichten bedeutsam sind, wurden schwarze bis dunkelgraue oder dunkelbraune Kieselschiefer > 4 mm ausgelesen. Herr Dr. E.-D. MÜLLER, der sich schon mit Kieselschiefern befaßt hatte (s. 1972: 22–23; GALL & MÜLLER 1970), hat die vorliegende Auswahl durchgesehen. Neben Jura- und Kreide-Hornsteinen mit glatter oder genärbelter Oberfläche und dunkleren Quarzen oder Quarziten fand er Lydit-ähnliche Gesteine von oft glattem Bruch. Abweichend von den Lyditen der Monheimer Höhensande (s. GALL & MÜLLER 1970: 115, 116) zeigten sie makroskopisch keine Radiolarien und Quarzdurchäderungen. Der Anteil unserer „Lydite" lag weit unter jenen 5%, die HELING (1966: 197) aus der Fraktion „3 . . . 6,3 mm" der Grimmelfinger Schichten von Eggingen und je-

nen 8,7 %, die Gall (1971: 311) aus den postriesischen (sarmatischen) Monheimer Höhensanden >4 mm nennen. Die Anzahl der Lydite zum Gesamtgewicht der Probe >4 mm betrug bei Grimmelfingen 1: 1/420 g; Grimmelfingen 2: 0/25 g; Grimmelfingen 3: 0/30 g; Eggingen 6: 1/155 g; Manching, 1. Probe: 5/265 g; 2. Probe: 4/220 g; 3. Probe: 0/80 g; Buschletten 2, 1. Probe: 9/180 g; 2. Probe: 0/380 g; 3. Probe: 6/190 g; 4. Probe: 0/165 g; 5. Probe: 4/200 g.

Als Liefergebiet unserer Grimmelfinger Schichten betrachtet E.-D. Müller laut mündl. Mitt. das ostbayerische Kristallin, wofür z. T. große und frische Feldspäte sprechen, dazu den Sandsteinkeuper, den Jura und die Kreide des fränkischen Schichtstufenlandes und evtl. deren alttertiäre Überdeckung. Auf das nordostbayerische Paläozoikum führt er die Quarzite und vielleicht die „Lydite" zurück. Ein rötlichbrauner und ein grünlichgrauer Radiolarit in Grimmelfingen 1 sind nach E.-D. Müller mit alpinen Oberjura-Gesteinen vergleichbar.

2. Kieselschiefer nach U. G. Müller (1981)

U. G. Müller hat vor allem Kieselschiefer-Gerölle besonders in Hochschottern (i. w. S.) und wenn möglich in rezenten Flußschottern im Vorland von Frankenwald, Münchberger Gneismasse und Fichtelgebirge untersucht und sie auf das anstehende Paläozoikum bezogen. Sein Arbeitsgebiet umfaßt etwa das Dreieck, das durch die Städte Kronach – Weiden – Nürnberg gebildet wird (: 1, Beil. 1). „Um Fehlinterpretationen des nicht fest definierten Begriffs Lydit zu vermeiden, wurde ausschließlich die petrographische Bezeichnung Kieselschiefer verwendet" (: 14). Anstehende Kieselschiefer des Gotlandium (Silur) und Devon finden sich im Frankenwald, silurische in heute geringer Verbreitung noch am SE-Rand der Münchberger Gneismasse, am [SW-] Rand des Fichtelgebirges und bei Guttenberg SE Kemnath (: 66f.; 68 Abb. 29, 99 Abb. 32, Beil. 1 und 2). Auf Literatur wird verwiesen. Laut Kalogiannidis (1981: 112) haben außerdem de Terra (1925) und Kauter (1938) Linsen silurischer Lydite in der Fichtelgebirgsumrandung bei Erbendorf entdeckt. Silurische Kieselschiefer sind meist schwarz bis dunkelgrau, häufig von muschelig-fettglänzendem Bruch und von zahlreichen, durch Quarz verheilten Kleinklüften durchsetzt (: 67f.). Hellere, graue Töne sind selten. Diese Kieselschiefer sind dann nicht von devonischen zu unterscheiden, die hell- bis mittel- und dunkelgrau und mitunter grün bis grüngrau getönt sein können. Schwarze devonische Kieselschiefer wurden nicht beobachtet (: 78, 87). Alle untersuchten Kieselschiefer zeigten, teils nach Präparation, Radiolarien-Skelette. Graptolithen wurden nicht gefunden (: 86). – „Eine flußgenetische Verbindung der Vorlandschotter des Frankenwaldes mit denen des Fichtelgebirges scheint aufgrund der Schotterpetrographie nicht zu bestehen (vgl. Tab. 11)" (: 55). Es „bezeugen die alten Schotter im Vorland des Frankenwaldes und Fichtelgebirges verschiedene Abflußrichtungen (Abb. 34)" (: 114). Die Albenreuther Schotter (in der Oberpfalz) „weisen keine Geröll-Komponenten des Frankenwaldes auf" (: 112). Es „erscheint ... sinnvoll, hier von Abflußrichtungen statt von Urflüssen zu sprechen, da so die in diesem Gebiet nicht zu beurteilende Paläogeographie ... nicht in unverhältnismäßiger Weise in den Vordergrund rückt" (: 101).

3. Lydite nach Drexler & Emmert (1985)

Die Autoren skizzieren (: 259 Abb. 4) unter Literaturauswertung Vorkommen anstehender Kieselschiefer im Einzugsgebiet von Main und Naab. Ähnlich wie in U. G. Müller's Beilage 1 (1981) sind im Frankenwald Lydite des Silur und Devon häufig eingezeichnet. Etwas weniger häufig sind sie am E- und SE-Rand der Münchberger Gneismasse, wo U. G. Müller (: 71, Beil. 1; vielleicht infolge anderer geographischer Abgrenzung) nur silurische erwähnt. Am

S-Rand des Fichtelgebirges, zwischen Kemnath und Erbendorf in der Oberpfalz, ist ein silurisches Lyditvorkommen nach SIEGLING vermerkt. Bis 20 km ENE und bis 34 km SE von Erbendorf erstrecken sich 13 Vorkommen präkambrischer Kieselschiefer. „Nur rußschwarze, weißgeäderte Kieselschiefer sind charakteristisch für das Silur des Frankenwaldes (WURM 1961: 54) ..." (: 259). „Weil in der [„plio-pleistozänen"] Hochschotterdecke [im südlichen Fichtelgebirgsvorland] keine silurischen Lyditgerölle vorkommen, ist die Annahme berechtigt, daß die Ur-Naab weder zur Untermiozän-Zeit (WURM 1934), noch zur Pliozän-Zeit (TILLMANNS 1977) jemals über die Wasserscheide hinaus zum Frankenwald gereicht hat. Die dunklen Lyditgerölle in den Flußterrassen des Naabtales können auch von Kieselschiefervorkommen stammen, die südlich des Fichtelgebirges anstehen" (: 243).

4. Diskussion zu 1.–3.

Die Mündung des „Urmains" bzw. seines Vorläufers wird bei Donauwörth bzw. nordostwärts davon angenommen (s. KIDERLEN 1931: 307; GALL 1971b: 295; BADER & SCHMIDT-KALER 1977: 402, 406 Abb. 2; LEMCKE 1985: 14 Fig. 1). Die Grimmelfinger Schichten bei Manching und Ingolstadt liegen weiter im E. Sie können daher dem von KIDERLEN (1931: 300) geforderten östlichen Zweig des Graupensandflusses und der „Urnaab" (s. LEMCKE 1985: Fig. 1 Nr. 9) zugeschrieben werden. Diese entwässerte nach dieser Abb. das westliche Moldanubikum, bog S Kelheim in die eventuelle Verlängerung der Graupensandrinne nach WSW ab und floß in dieser um Donauwörth mit dem „Urmain" zusammen. Typische silurische Lydite, die HELING (1966: 195) aus den Grimmelfinger Schichten von Eggingen beschreibt, wurden dort, bei Grimmelfingen und im Bohrgut, vielleicht wegen zu geringer Probenmengen, nicht identifiziert.

I. Quarzsande und -kiese im ENE von Ingolstadt

1. Bohrung Neustadt a. d. Donau

Die Bohrung in der Brauerei Neumeyer („Neumaier") setzte nach SCHNITTMANN (1958: 139–140; 1966: 125–126) bei 349 bzw. 352 m ü. NN. an und durchfuhr u. a. von 37,50–38,00 m schwarzbraunen, durch Kohlenmulm gefärbten Ton mit Sand; 47,00–54,00 m hellgrauen Quarzsand; –54,40 m festgelagerten, grauen Sand; –60,25 m hellgrauen, feinkörnigen Quarzsandstein; –82,00 m scharfen, feinkörnigen Quarzsand mit tonigen Lagen. Unter diesen rund 35 m Quarz-Sedimenten kam von 82,00–115,00 m Kalkstein und Dolomit, nach SCHNITTMANN wohl Oberer Weißer Jura. – SCHMIDT-KALER nennt (1968a: 147–148; 1968b: 87–88, dazu 84 Abb. 2) als Ansatzhöhe 374 bzw. 354 m ü. NN. und gibt ein von SCHITTMANN etwas abweichendes Profil nach Bohrmeisterangaben wieder. Nach seiner Deutung reichen –15,5 m Quartär, –47,0 m „Obermiozän (Feinsande und Tone, im unteren Teil ab 35,0 m Kohlentone und Braunkohle), –82,0 m Schutzfels-Schichten (ilmenitreiche Kaolinsande, teilweise verfestigt), –115,0 m Malm (Dolomit und dolomitischer Kalk)". Dem Autor lagen (1967: 3–5) noch einige Proben aus den Quarzsanden ab 66 m Teufe vor. Infolge deren ziemlich starker Auswaschung konnte SALGER nur die Schwerminerale untersuchen (in 1967: 5–8). Ihr Spektrum stimmt mit jenem von oberkretazischen Schutzfels-Schichten überein. Diese stehen bis auf 2 km N der Bohrung an (s. 1967: 4 Abb. 1 wie 1968a: 39 Abb. 9).

2. Bohrung Oberulrain

Das Profil der Bohrung (3,25 km ESE Neustadt a. d. D.), Ansatzhöhe 385 (386 m) m ü. NN., stellt SCHNITTMANN (1966: 127–128) teils geraffter und etwas anders als SCHMIDT-KALER nach Bohrmeisterangaben dar (1968a: 148–149 wie 1968b: 88–89, dazu 84 Abb. 2). Nach SCHMIDT-KALER reicht die „OSM" bis 132,50 m. Sie besteht von 2,40–99,00 m aus „Flinzsedimenten des Sarmat – (?) Pont", das sind oft grünstichige „Tone" (wohl Tonmergel oder Mergeltone; s. SCHNITTMANN 1966: 127) und Feinsande. Es folgt bis 132,50 m „Braunkohlentertiär (? Torton)", nämlich „meist braune bis schwarzbraune Kohlentone mit geringen Einschaltungen von Braunkohle", letztere bei 103,00–106,80, 112,50–114,00 und 124,00–125,40 m. Von 132,50–145,30 m (12,80 m) wurden „ilmenitführende Quarzkiese der Schutzfels-Schichten" durchteuft, bestehend –142,00 m aus „Quarzkies, sandig 3–5 mm Ø" und –145,30 m aus „Quarzkies, festgelagert, tonig, grau, 12–15 mm Ø"; (nach SCHNITTMANN insgesamt 9,5 m „sehr grober Quarzsand"). Der liegende Oberjura wurde bis 148,80 m angebohrt. „Zwei von Herrn Dr. Schnittmann überlassene Bohrproben aus den uns interessierenden Schichten enthalten nur den groben Quarzkiesanteil ohne die ‚tonigen' oder ‚sandigen' Bestandteile der Bohrmeisterbeschreibung. Doch wurden unter den Quarzen der oberen Probe (bei 135,5 m) 5 Ilmenitgerölle mit einem Durchmesser bis 6 mm gefunden, die einen Vergleich zu den ilmenitführenden Kaolinsanden [der Schutzfels-Schichten] zulassen" (SCHMIDT-KALER 1967: 5). Schwermineralanalysen liegen nicht vor.

3. Diskussion zu 1. und 2.

Die Deutungen des Profils der Bohrung Neustadt a. D. (Nr. 1) durch SCHNITTMANN und SCHMIDT-KALER weichen voneinander ab, wie letzterer schon (1968a: 149) festgestellt hat. Ich halte SCHNITTMANN's Korrelierung des Tertiärs der Bohrung Neustadt a. D. mit jenem Ostniederbayerns nach NEUMAIER & a. (1955) nicht für vertretbar. Die Braunkohlenmulm-Lage und das Liegende gehören der OSM und vielleicht den Kirchberger Schichten an (Mächtigkeiten s.: 140). Die 35 m Quarz-Sedimente sind mächtiger als die selten bis 25 m, nie über 30 m starken Grimmelfinger Schichten. Die Schwermineralspektren der verfügbaren Proben ab 66 m Teufe (s. SCHMIDT-KALER 1967: 8 Tab. 2) unterscheiden sich beträchtlich von jenen der Grimmelfinger Schichten (unsere Tab. 1, 2). Ob der Quarzsand und Quarzsandstein von 54,40–66,00 m (11,60 m) im Hangenden der „Schutzfels-Schichten" Grimmelfinger Schichten sind, ist mangels analysierter Proben nicht zu beurteilen.

Die „OSM" der Bohrung Oberulrain (Nr. 2) erinnert an die Schichtfolge im Ingolstädter Raum mit ihren ebenfalls bis 3 Braunkohlenlagen (Kap. B 1–4). Deshalb wird die Deutung als OSM + Kirchberger Schichten und die Einstufung in Torton + Oberhelvet (B 5) übernommen. Ob die 12,80 m „Quarzkies" „vorwiegend Kaolinsande der Schutzfels-Schichten" waren, erscheint in Anbetracht von 2 ausgewaschenen Belegproben, 5 Ilmenitgeröllen und fehlender Schwermineralanalysen nicht gesichert. Der Schichtfolge und Mächtigkeit zufolge könnten es Grimmelfinger Schichten sein. Selbst wenn die Quarz-Sedimente in der Bohrung Nr. 1 durchwegs „Schutzfels-Schichten" wären, könnte beim ENE-Verlauf der Graupensandrinne ihr nördlicher Rand zwischen Neustadt a. D. und Oberulrain durchziehen.

Nach WEBER wurden den Quarzsanden und Quarzfeinkiesen (Schicht 01 in Kap. J 1b), die an der Basis seiner „Herrnwahlthanner" („Herrnwahltanner") Schichten (HWTS) und ebenfalls auf Weißjura liegen, umgelagerte Schutzfels-Schichten beigemengt (1978: 167; 1980: 185–186; 1981: 414; s. Kap. J 1e). WEBER verweist (1981: 416 [g]) auf „Quarzsandmassen vom HWTS-Habitus" auf den Sohlen zweier Urtäler zwischen Sandharlanden und Bad Gögging (s.:

415 Abb. 1; Schmidt-Kaler 1967: 4 Abb. 1 wie 1968a: 39 Abb. 9); „die stratigraphische Zuordnung als (kretazische) Schutzfelssande (Schmidt-Kaler 1967, 1968b) wäre zu diskutieren; vgl. Weber (1980: 185)".

J. „Süßbrackwassermolasse" (SBM) bei Abensberg

Die „Süßbrackwassermolasse" auf Blatt 7137 Abensberg ist laut Weber (1980: 175–176) das einzige zutage anstehende Vorkommen zwischen Günzburg a. d. D. im W und Ostniederbayern. Die Schichten sind jetzt weitgehend oder ganz verschüttet. Weber bezieht die Graupensandrinne und ihre Füllung in seine Überlegungen ein. Die Diskussion setzt ein näheres Eingehen auf seine „Süßbrackwassermolasse" voraus.

1. Darlegungen Weber's (1978; 1980; 1981)

a) ‚Urtäler'

Weber verzeichnet auf dem rechtsdanubischen Kelheimer Vorsprung der südöstlichen Frankenalb 7 etwa N-S-gerichtete Mündungsbereiche „präjungmiozäner" fluviatiler ‚Urtäler', davon die westlichsten bis um Sandharlanden (1978: 139, 140 Abb. 22; 1981: 415 Abb. 1). „Die ‚Urtal'-Bildungsspanne darf eingeengt werden auf den prähelveten-jungburdigalen Zeitraum des Mittelmiozäns" (1978: 144, teils gesperrt). Die Füllung des Urtal-Reliefs liegt auf Weißjura (1978: 20 Abb. 2; 1981: 414, 424 Abb. 6); es wird auch (1980: 179) Cenoman genannt.

b) Schichten und Alter

Die ‚Urtal'-Füllungen umfassen unter der OSM profilabwärts [II. und I. vom Verf.] II. Schneckenkalke (Weber 1978: 177; 1980: 188; 1981: 427 Abb. 7): b) Hydrobienführende Pirenellenkalke („Pirenellen-Hydrobienkalk"); a) Hydrobienkalke. Alter: „Jüngeres Spätmittelmiozän (? höheres Oberhelvet)" (1978: 159, 176, 185). Die Abensberger Schneckenkalke sind wie die HWTS (s. I.) „noch der Periode des marinen Abklingens in der Voralpensenke zuzuweisen". „Zeitlich rücken sie damit ebenfalls ins obere Helvet" (1978: 184) bzw. ins höhere Oberhelvet (1980: 193). I. Herrnwahlthanner Schichten (HWTS) (Weber 1978: 161–162; 1980: 179): (9) Hangendsande (tonreiche Quarzgrobsande mit Tonlinsen); (8)–(3) Kaolintone mit (7) + (6) einer sandig-tonigen Trennlage und (4) einem Zwischensand; (2) Mactrenton; (1) Brauneisenkruste; (01) Graupensande („Liegende Quarzsande", „kaolintonige Quarzsande", „Quarzgraupensande") mit Feinkieslagen. (Weitere Profilangaben 1978: 168 Abb. 23 wie 1980: 180 Abb. 2; 1981: 421 Abb. 4, 424 Abb. 6.) Alter mit Vorbehalt: „Älteres Spätmittelmiozän (? tieferes Oberhelvet)" (1978: 159, 175). „Vorzuschlagen ist eine Zuordnung der [Mactren-] Fundschicht ins Helvet (H. gesperrt). Theoretisch ist höheres Alter nicht auszuschließen, wie z. B. das einer mittelhelveten Nachhut der abziehenden Oberen Meeresmolasse" (1980: 191).

c) Mächtigkeiten

Die Bohrung Offenstetten-See durchfuhr 7,3 m Schneckenkalke, 9,7 m Kaolintone und 6,3 (bzw. max. 8,5) m Quarzgraupensande (1981: 424 Abb. 6; 1978: 369 Nr. 16; 1980: 179). Anderwärts wurden „mindestens 12,0 m helle Quarzgrobsande" erbohrt (1978: 170) bzw. stehen 12 m an (1981: 417).

d) Fossilien und Biotop

Weber spricht (1981: 413–414) vom ,,Sedimentationsgang zweier Brackwasser-Inundationen an einem riasmäßigen Ufersaum" innerhalb der SBM, wobei die erste durch den Mactrenton, die zweite durch den Pirenellen-Hydrobienkalk repräsentiert wird. ,,Das ausschließliche, dabei gehäufte Auftreten relativ kleinwüchsiger Mactren einer Art [*Mactra subcordiformis* Dollf. & Dauz.; 1978: 173f.] ist als Anzeichen eines (marinen) Biotops verminderten Salzgehaltes zu werten" (Bestimmung der Fossilien aus IIb und I 2 sowie ökologisch-paläogeographische Hinweise von Papp; Weber 1978: 173[13], 183–184[15]). ,,Für eine derart brachyhaline Randfazies kommt paläogeographisch ein schwach entsalztes Meeresbecken in Betracht" (1980: 191; 1981: 417). Weber spricht dort beim Mactrenton von ,,brachyhaliner Einflußnahme". – Bei den in einem ,,brackisch-brachyhalinen Bildungsmilieu" entstandenen Schneckenkalken ,,stehen sich Vertreter zweier Biotope gegenüber" (1978: 159, 183). Sie führen eine ,,brachyhaline" Fauna (1978: 175) bzw. (1980: 192) eine ,,Mischfauna von Frisch- und Brackwassergastropoden". ,,In allen Spielarten der Schneckenkalke sind Hydrobiiden verbreitet" und zwar wie die anderen Fossilien als Steinkerne und Abdrücke. Schlickum hat *Hydrobia* cf. *inflata*, *H.* cf. *elongata*, *Nematurella* cf. *pappi* und weitere *Nematurella* sp. bestimmt.; ferner *Planorbarius cornu* und *Radix socialis*, die immer wieder vereinzelt auftreten. Weber zählt sie (1978: 183, nach Schlickum) zu den ,,limnisch-brackischen Vertretern". Er erwähnt (1981: 422) Schneckenkalke ,,einer hydrobiendominierten, d. h. frischwasserfreundlichen Spielart. Das eher brachyhaline Biotop der höherfolgenden pirenellenreicheren SBM-Kalke deutet auf eine nochmalige Relativsenkung des Gesamtraumes." Aus den Pirenellen-Hydrobienkalken werden massiert auftretende, kleinwüchsige *Pirenella* ,,*disjugens*" bzw. ,,*disjungens*" (Sow.) genannt (lies *disjuncta;* s. Papp 1956: 49, 55, 60, 78). ,,Ähnlich wie *Mactra* ... bildet diese Spezies einen typischen Vertreter eines Biotops unternormalen Salzgehalts" (1978: 183–184, Mitt. Papp's). ,,So reiht das Pirenella-Auftreten auch die Schneckenkalke bei Abensberg als randfazielles SBM-Glied in die Periode des ausklingenden Marineinflusses in der Voralpensenke" (1980: 193, teils gesperrt). – In den am nächsten gelegenen SBM-Schichten der Freisinger CF-Bohrungen ,,treten mit *Oncophora* und limnisch-brackischen Kleinschnecken die letzten brachyhalinen Faunenglieder ... auf" (1978: 175, 184; 1980: 192). Im Mainburg-Abensberger Meridian ist ,,der allgemeine Hinweis auf einen späten brackischen Einfluß (im oberen Helvet)" gegeben (1980: 193).

e) Minerale und deren Herkunft

In den Schwermineralspektren der kaolinigen Quarzgrobsande der HWTS sind laut Salger's Analysen der hochlichtbrechenden Schwerminerale (in Weber 1978: 166 wie 1980: 181 Abb. 3) Zirkon und Andalusit durchschnittlich stärker, dagegen Granat und Staurolith weitaus schwächer als in unseren Grimmelfinger Schichten vertreten (s. Kap. D, Tab. 1 und 2). Die ,,relativ großen Feldspäte" und ,,Höhere Feldspatgehalte speziell granatreicher Proben ... deuten auf relativ geringverwittertes Abkunftskristallin" (1980: 184). Weber schließt (1978: 167; 1980: 184f.) auf eine Zufuhr moldanubischen Materials, auf eine Beimengung aufgearbeiteter Schutzfels-Schichten (s. unsere S. 150) und wegen des Granat-Staurolith-Anteils unter Hinweis auf Füchtbauer auf kleine ostalpine Beiträge. Über eine Lieferung aus dem nordostbayerischen Paläozoikum verlautet nichts, vielleicht wegen zu kurzer ,Urtäler' oder mangels Geröllen.

f) Diskordanzen

Laut Weber (1981: 420f., 427 Abb. 7) besteht zwischen den HWTS und den Schneckenkalken eine ,,intra-oberhelvetische Exposition, Teilabtragung und Verwitterung". Es erfolgte eine weitere ,,Exposition post-SBM/prä-OSM" mit Verwitterung und Teildenudation nach dem

Absatz der Schneckenkalke sowie eine S-Neigung der SBM an der „~ Wende Helvet/Torton" (1980: 193, 194; 1981: 422f., 427 Abb. 7).

g) Schüttungsrichtung der HWTS-Sande und Paläogeographie

„Allgemein nimmt das Grobkorn von E gegen W und vom Liegenden zum Hangenden hin ab" (1978: 165; 1980: 184). Es erfolgte eine Materialzufuhr von E nach W (1980: 185–186, 194). Am riasartigen Mündungsraum der ‚Urtäler' am Alb-Abstieg „lag auch im folgenden der Ufersaum des Molassebeckens fest" (1980: 194). „Die mittelmiozäne Paläogeographie weist westwärts. Dorthin gab es moldanubische NE-SW-Schüttungen längs des Albsüdrandes, insbesondere in Form der Grimmelfinger Graupensande des tieferen Oberhelvets...". „Ursprungsnächste Äquivalente verschwinden östlich Günzburg... Aufgrund der moldanubischen SM-[Schwermineral-]Dominanz der HWTS und deren o. a. Mindestalterbegrenzung könnten sie jenem subjurassischen tiefoberhelveten Graupensand-Lieferzug als Zwischenglied zugeordnet werden" (1980: 191–192; 1978: 174–175).

2. Diskussion zu 1.

Zu 1a)–1c): Die Unterlagen der (01-) Quarzsande sind Jura oder Kreide, die der Grimmelfinger Graupensande Jura oder USM. Unter beiden liegt also eine große Schichtlücke. Ihre Mächtigkeiten sind vergleichbar. Sie betragen bei (01) ca. 8–>12 m, bei den Grimmelfinger Schichten durchschnittlich ca. 10–15 m (max. ca. 25, min. 0 m, je nach Form der Auflagerungsfläche und nach Abtragung). Die Stärke der SBM über (01) beträgt bei Abensberg ca. 17 m, die mittlere der Kirchberger Schichten der Ulmer Gegend ca. 15–20 (max. 25) m. Hangendes ist jeweils die OSM. Ob aber das Alter der SBM von Abensberg jenes der Grimmelfinger und Kirchberger Schichten (Oberhelvet) ist, bleibt offen (s. zu 1f, 1g).

Zu 1d): *Mactra subcordiformis* „wird spätestens aus dem Helvet (des Loirebeckens) beschrieben" (Weber 1978: 174). Aus der Zentralen Paratethys ist sie unbekannt, die Zuwanderung also kompliziert. *Pirenella disjuncta* nennt Papp (1956: 60) u. a. aus den sarmatischen „Grenzschichten der Randfazies", wo neben anderen Arten selten eine *Mactra*-Art, *M. vitaliana* vorkommt. Laut Papp (: 61) kann „Die Bezeichnung ‚Grenzschichten' ... im Sarmat dahingehend interpretiert werden, daß in derartigen Schichten Faunenelemente des brachyhalinen Biotops mit jenen des pliohalinen Brackwassers (siehe S. 72) nebeneinander leben und die obere Grenze des brachyhalinen Biotops bezeichnen" (s. dazu Hiltermann 1966: 489 Tab. 4). Die Mactren und Pirenellen von Abensberg sind aus der OMM und SBM Süddeutschlands unbekannt. Ihr massenhaftes, ausschließliches und kleinwüchsiges Vorkommen spricht für Brackwasser. Hydrobien, die in den Schneckenkalken durchwegs auftreten, leben als rezente Arten in marinen und brackischen Gewässern von 35–1‰ Salzgehalt, doch nicht in Süßwasser (0–0,5‰). Die sicher bestimmten *Planorbarius cornu* und *Radix socialis* aus den Schnecken-(Hydrobien-?) Kalken sind primär Süßwasserbewohner, deren heutige Gattungsangehörige bis zu 3‰ bzw. 2–14‰ Salz vertragen. Sie kommen auch in den Kirchberger Schichten (mit 32 Mollusken-Arten), in der SBM Ostniederbayerns (mit 50 Mollusken-Arten) und in der SBM der Freisinger CF-Bohrungen (mit 14 Mollusken-Arten) vor, durchlaufen aber mehrere Stufen (s. Schlickum 1963: 8; 1964: 51–52; Haus in Erl. Molassekarte 1955: 92–93, Fossilien det. Zöbelein, MS). Ein Bezug auf diese Faunen kann daraus nicht hergeleitet werden. Doch gilt der „allgemeine Hinweis auf einen späten brackischen Einfluß (im oberen Helvet)" im „Mainburg-Abensberger Meridian". Die SBM-Faunen des Mainburger (Freisinger) Gebietes mit *Oncophora* etc. sind jedenfalls nicht „brachyhalin", also keine Meeresablagerungen. Andernfalls

könnten sie ebensowenig wie die Abensberger Schichtfolge (Abschnitt 1b) als „SBM“ bezeichnet werden.[2]) [3])

Zu 1f): Die „~ intraoberhelvetische Exposition“ liegt am Top der HWTS und unter den Schneckenkalken. Eine intraoberhelvetische Schichtlücke hat Zöbelein (1985b: Tab. 1 Nr. 21) zwischen Grimmelfinger und Kirchberger Schichten in der Eigentlichen Graupensandrinne eingezeichnet. Wollte man diese Situation auf die SBM von Abensberg übertragen, so lägen dort statt der fluviatilen Grimmelfinger Schichten die brackisch beeinflußten HWTS unter dem Hiatus und zwar in der Graupensandrinne. Weber's Exposition an der „~ Wende Helvet/Torton“ zwischen den Schneckenkalken und der OSM mag zeitlich dem junghelvetisch-alttortonen Hiatus (Zöbelein 1985a: 60; 1985b: Tab. 1 Nr. 8) nahe kommen. Dieser liegt aber außerhalb der Eigentlichen Graupensandrinne und über dem Albstein (der fehlen kann), wogegen die Schichtlücke bei Abensberg über den brackischen Schneckenkalken folgt. Einer Annahme, daß letztere innerhalb der Graupensandrinne lägen, stünde entgegen, daß dort anderwärts die Kirchberger Schichten lückenlos in die OSM übergehen. Korrelierungen zwischen den beiden Expositionen bei Abensberg und der Schichtlücke innerhalb der Graupensandrinne bzw. jener auf der Albsteinschwelle lassen sich also kaum ermöglichen.

Zu 1g): Die Abensberger Quarzsande zeigen ein anderes Spektrum als die Grimmelfinger Schichten und führen (allerdings auswaschbare) kaolinige Beimengungen. Die dortige SBM liegt in kleinen ‚Urtälern‘ und somit außerhalb der allfälligen Graupensandrinne. Daher können die HWTS jedenfalls nicht direkt dem „Graupensand-Lieferzug als Zwischenglied“ zugeordnet werden. Falls die Urnaab-Schüttung nach dem Eintritt in das Molassebecken westsüdwestwärts verlief, wie Lemcke (1985: 14 Abb. 1) es darstellt, muß eine eventuell bei Abensberg schon bestehende Graupensandrinne jedenfalls südlicher als die Weber'schen ‚Urtal‘-Mündungen gelegen haben. Trotz ähnlicher Mächtigkeiten der SBM von Abensberg und der Rinnenfüllung bei Ingolstadt-Manching (s. zu 1a–1c) kann man keine direkte Verbindung zwischen beiden annehmen.

K. Graupensandrinne, Helicidenschichten, Albsteinschwelle und junghelvetisch-alttortoner Hiatus im WSW von Ingolstadt

1. Bei Weichering und Bergheim

Bemerkungen zu Tab. 3: Im Hangenden der Grimmelfinger Schichten führen folgende Profilteile Braunkohlenlagen: Versuchs-Bohrung 56,40–69,00 m, III 67,00–82,00 m, IIIa 57,10–83,20 m und IV 57,30–83,50 m (vgl. Kap. B 1 u. 5). Liegendes sind Kalksteingerölle, Kalkstein mit „Ton“, „Ton“ mit Kalkstein, Kalkstein mit Sand, einmal darunter Feinkies. Abwärts folgt klüftiger Weißjura.

[2]) Sollten die Schichten mit *Mactra* und mit *Pirenella* Zeugen „zweier Brackwasser-Inundationen“ sein, so wurden sie an die angeblichen zwei Brackwasservorstöße in Ostniederbayern erinnern (vgl. Zöbelein 1985b: 238 Nr. 78).

[3]) Aus dem Fund brackischer Mollusken in der Graupensandrinne bei Ingolstadt (Kap. F) und jenem in den genannten Freisinger Bohrungen (30 bzw. 33 km ESE Ingolstadt) ergibt sich, daß Brackwassersedimente auch außerhalb (SE) der Graupensandrinne vorkommen. Ihre Verlängerung nach SW kann in der SBM der Bohrungen im Gebiet Lemcke's & a. gesehen werden (s. Zöbelein 1985b: 227 Tab. 2, Disk.: 233).

Tabelle 3. Grimmelfinger Schichten in der Graupensandrinne, Bohrungen Weichering, 9 km WSW Ingolstadt, Blatt Nr. 7232 Burgheim (Deutung nach Profilen beim Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Fachbereich Hydrogeologie, München).

Nr.	R- und H-Werte	Lage zur Ortskirche	Ansatz ü. NN	Quarzkiese/ -sande in Teufe	Mächtigkeit
Vers.-		ca. m	ca. m	m	m
Bhrg.	444972/539926	1300 N–NNW	371	97,50–117,80	20,30
III	4449700/5399160	1200 NNW	373	92,00–118,00	26,00
III a	4449705/5399280	1320 NNW	373	97,00–123,00	26,00
IV	4449780/5399210	1230 N–NNW	373	96,20–121,10	24,90

Tabelle 4 wie Tabelle 3: Bohrungen Bergheim, 5 km N Dillingen a. d. Donau, Blatt Nr. 7328 Wittislingen (zu Abschnitt 5)

A	3607090/5388080	2000 SSW	434,090	35,0–51,7	16,7
B	3608560/5387830	2080 SSE	430	38,6–47,8	9,2
C	3610260/5387860	3080 SE	430	47,0–51,4	4,4

Bemerkungen zu Tab. 4: In den stark gerafften Profilbeschreibungen hat der Bohrmeister keine Braunkohlen erwähnt. Liegendes ist Weißjura, zunächst mit ,,Toneinlagerungen".

2. Bei Donauwörth

Schetelig hat (1962: 82) in seinem Arbeitsgebiet auf den Blättern Nr. 7230 Donauwörth und Nr. 7231 Genderkingen Kirchberger und Grimmelfinger Schichten nur in der Bohrung Heißesheim, 250 m N der Kirche, 4,7 km S Donauwörth-Mitte gefunden. Es ,,liegt hier ... also etwa das Ende der Graupensandrinne". ,,Es wird dadurch verständlich, warum innerhalb des Arbeitsgebietes keine Graupensande mehr nachgewiesen werden konnten." Im Raum Donauwörth betrug nach Gall & a. (1977: 76) die Eintiefung der Graupensandrinne an ihrem Nordrand noch ca. 100 m, wobei die Rinnensohle ca. 30 m unter die Basis der OMM gelegt wurde. – Schetelig scheidet im ,,Vorriesischen Tertiär" (1962: 30 f., 36 f., 49) ,,Obere Süßwassermolasse (zusammen mit der nicht abgetrennten Süßbrackwassermolasse) Oberhelvet und Torton" aus. ,,Die tieferen Teile der Oberen Süßwassermolasse entsprechen stratigraphisch der im Beckeninneren von Lemcke (1953) ausgeschiedenen Süßbrackwassermolasse" (: 94, 43). Die OSM (: 36f.) besteht aus Sanden, Mergeln und Tonen, denen geringmächtige Bänke oder Linsen von Süßwasserkalken eingeschaltet sind. Deren oberhelvetischer Teil steht nur in der Ziegeleigrube Berg (1,5 km N Donauwörth) an (: 38 f.). Dort folgt über OMM (: 36 Abb. 7) eine unter 1 m mächtige Sand-Mergel-Lage. Deren Hangendes von 1 m Mächtigkeit ist eine keilförmige, maximal 70 cm starke Knollenkalkbank samt darüber Mergel. Der Knollenkalk führt im obersten Horizont jurassische Felsenkalk-Bröckelchen, zerbrochene Austernschalen aus der OMM, nesterweise ausgewitterte Landscheckensteinkerne und Säugerreste. Von den 7 Landschnecken-Taxa (: 39 f.) sind für die von Jooss (1923) beschriebenen schwäbisch-schweizerischen ,,Helicidenmergel" des Helvet bezeichnend: *Hemicycla asperula, Cepaea eversa baumbergeri* und (Jooss: 199; opp. Maillard und danach Schetelig: 41, 46) *Cepaea renevieri.* Schetelig verweist (: 42) auf die sehr engen Beziehungen zu den ,,Helicidenmergeln" und hält den Süßwas-

serkalk der Ziegelei Berg deshalb für gleichaltrig. An limnischen Mollusken fanden sich nur einmal einige kleine Schälchen von ,,*Planorbis* sp.“ (= *Planorbarius*) (: 38, 41). SCHETELIG schließt daraus auf offensichtlich recht ungünstige Lebensbedingungen. Das entspricht ZÖBELEIN's biotopischer Beurteilung der Helicidenschichten des SW (1985 a: 52, 80), wo Süßwasserschnecken fehlen. Außerdem fand SCHETELIG (: 39, 41) u. a. *Tropidomphalus* sp. und *Cepaea silvana silvana*, die früher als tortonische Leitform galt. Von SCHELIG's Säugerfunden (: 41–42) gehört nach Auskunft von Herrn Prof. Dr. V. FAHLBUSCH ,,Theridomyidae gen. et sp. indet.“ zu *Ligerimys*, der bisher nur aus der Säugereinheit MN 3 und MN 4 (etwa Burdigal = Eggenburg und Helvet = Ottnang) bekannt ist. ,,*Cricetodon gregarius* SCHAUB“ ist *Megacricetodon bavaricus* FAHLBUSCH, der in MN 5 (tieferem Torton = etwa Karpat) aufgestellt wurde, aber schon sehr ähnlich und als Gattung in MN 4 auftaucht. Daraus ist auf ein Helvet-(Ottnang-)Alter der Säuger zu schließen, was mit der Altersaussage der Landschnecken übereinstimmt. – SCHETELIG's Aussage (: 43, 93), ,,daß die Sedimentation von der Oberen Meeresmolasse bis zur Oberen Süßwassermolasse ununterbrochen andauerte“, entspricht jener HÜTTNER's (1961: 82–83), weshalb SCHETELIG sein Oberhelvet zur OSM gezogen hat. ,,Im Oberhelvet beginnt ... [die Süßwasserkalkbildung] auf der Albsteinschwelle und an einzelnen Punkten am Südrand der Alb wie bei Donauwörth und endet mit zahlreichen Einzelvorkommen auf der ganzen südlichen Frankenalb im Torton“ (: 48). ,,Auf die stratigraphischen und faziellen Beziehungen zum Albstein und zu anderen tortonischen Süßwasserkalken ... wird hingewiesen“ (: 93–94). Gegen RUTTE's Albsteingenese führt SCHETELIG (: 37–38) gewichtige Gründe an, die ich (1985 a: 68) bei den ,,Bedenken“ einiger Autoren übersehen, aber in jener Schrift bestätigt habe. ,,Falls der Albstein auch petrographisch und in der Art seines Vorkommens den Süßwasserkalken um Donauwörth entsprechen sollte“, hält SCHETELIG (: 43) die ,,Albsteinschwelle“ nicht für ein ständiges Festland, sondern nur für eine sehr seichte Untiefe. Wegen des ,,Übergangs“ der OMM in die OSM mangels ,,Anzeichen einer Verbrackung“ folgert er (: 43), daß ,,Die Graupensandrinne ... nicht mehr bis in die Gegend von Donauwörth gereicht“ hat.

3. Diskussion zu 2.

Unzulänglichkeiten rühren daher, daß SCHETELIG die Schichtlücke zwischen OMM und OSM nicht erkannte, deren Nachweis GALL (1971a; siehe Abschnitt 4) gelungen ist. Sie entspricht dem junghelvetisch-alttortonen Hiatus, der im SW über der Folge OMM – Übergangs-/Helicidenschichten – Albstein auf der nordwestlichen Albsteinfläche liegt. Die sandige Mergellage bei Berg zwischen der OMM und dem ,,Süßwasserkalk“ könnte den ,,Übergangsschichten“ NÄGELE's entsprechen. Der ,,Süßwasserkalk“ von Berg ist eine erhalten gebliebene Fortsetzung der Helicidenschichten nach NE. Diese Zuordnung beweisen die helvetischen Leitschnecken nach SCHETELIG, deren nesterweises Auftreten und die Lage knapp über der OMM. Im Albstein finden sich nur sehr selten unbestimmbare Schneckenreste. Die Helicidenschichten und falls vorhanden die Übergangsschichten stellen gemäß der Definition LEMCKE's & a. (s. ZÖBELEIN 1985 a: 49) den tiefsten und alleinigen Teil der SBM bei Berg dar. *Cepaea silvana silvana* kommt auch in SCHLICKUM's ,,OSM, Torton“ bei Forsthart (Ostniederbayern) vor, dort zusammen mit u. a. *Tropidomphalus incrassatus incrassatus* und ebenfalls helvetischen Säugern (s. ZÖBELEIN 1985b: 263 Nr. 117). Die beiden Landschnecken können also nicht länger als tortone Leitfossilien gelten. Nach SCHETELIG (: 48) beginnt die Süßwasserkalkbildung ,,Im Oberhelvet ... auf der Albsteinschwelle“. Doch würde die Schwelle zufolge des von ihm postulierten Übergangs von OMM in OSM hier gar nicht existieren. Der Hiatus zwischen OMM und OSM (bei Berg zwischen Helicidenschichten und OSM) beweist, daß die Albsteinschwelle (hier also die nordwestliche Albsteinfläche) im Raum Donauwörth – Wittislingen (s. Abschn. 4 und 5) ebenso wie im

SW noch vorhanden ist. Der Albstein wurde, falls er sich hier überhaupt gebildet hatte, wie teils auch anderswo wieder abgetragen (s. ZÖBELEIN 1985a: 58 Nr. 2b). SCHETELIG hat (: 82) durch den Nachweis von Kirchberger und Grimmelfinger Schichten in der Bohrung Heißesheim belegt, daß die Graupensandrinne S Donauwörth noch vorhanden ist. Seine Annahme, daß dort „etwa das Ende der Graupensandrinne" liegt, kann nur für deren NW-Rand NW Heißesheim gelten, da die Rinne bis in den Ingolstädter Raum nachgewiesen ist. Im Profil Heißesheim (66,4–76,0 m Teufe) sind die gelbgrauen Mergel unter dem Graupensand USM und nicht „Obere Meeresmolasse", da diese in der gesamten Eigentlichen Graupensandrinne ausgeräumt wurde.

4. Auf den Blättern 7328 Wittislingen und 7428 Dillingen West

GALL hat (1971a: 70) im Schafhof-Profil auf Bl. 7328 das abrupte Ende der „Schichtenfolge der OMM mit den Knollen-Kalkmergeln (mit einer gut erhaltenen Mikrofauna mittelhelvetischen Alters)" nachgewiesen. In den Knollen fand GALL (: 61) keine Organismen, doch schließt er die Mitwirkung von Algen bei deren Entstehung nicht aus. „Die lagenweise Anreicherung der Kalkknollen im obersten Teil der Schicht kann m. E. nur durch teilweise Abtragung und Aufarbeitung der Schicht während einer Sedimentationsunterbrechung mit Resedimentation der Kalkknollen gedeutet werden." Die Knollen-Kalkmergel können weder faziell noch stratigraphisch mit den Albstein-Bildungen nach RUTTE verglichen werden (: 61). Die OMM mit den darin eingelagerten Kalkknollen wird auf einer „reliefstarken Denudationsfläche" durch Sedimente der OSM überlagert, „die nur 1 m über diesem Hiatus eine Fauna des unteren oder tieferen Torton führen" (: 70). GALL verweist wiederholt auf die „Sedimentationsunterbrechung während des Ober-Helvet", „also die Zeit, in der weiter im S die Graupensandrinne bestand" (1971a: 70, 61, 66 Abb. 10, 69, 76 u. Abb. 11, 77, 83 Abb. 13). Die Schichtlücke zeigt sich auch in der Wasserbohrung Bergheim (875 m NW der Ortskirche, ca. 3,8 km NE Wittislingen; s. GALL's Profil Nr. 1, : 175). GALL zitiert (: 70) Autoren, die bereits eine Sedimentationsunterbrechung angenommen hatten.[4]) Abweichende Auffassungen wurden im Abschnitt 1 erwähnt. In Dillingen a. d. D. und Höchstädt haben von GALL (: 70) genannte Autoren Grimmelfinger und Kirchberger Schichten bekundet. Nach GALL (: 57, 70) „muß, nachdem die OMM bereits über eine nach SE gekippte Weißjura-Tafel transgredierte, auch eine post-mittelhelvetische Kippung des Albkörpers nach E, Heraushebung im W und Absenkung im E, stattgefunden haben". „Wahrscheinlich beeinflußte diese Verkippung der Juratafel [S. 70: „die auch die Basis der OMM schrägstellte"] die Sedimentationsunterbrechung im Ober-Helvet zwischen OMM und OSM im Arbeitsgebiet."

5. Diskussion zu 4.

Neuere Wasserbohrungen in Dillingen, deren Schichtverzeichnisse und Lageskizzen mir Herr W. RATHGEB bekanntgab, haben ebenfalls Grimmelfinger Schichten durchteuft, desgleichen drei neuere Wasserbohrungen bei Bergheim (s. Tab. 4, :155). Bei Annahme eines Ver-

---

[4]) Einige Angaben ergänzen jene in ZÖBELEIN (1985a: 60; 1985b: 213 Nr. 8). Hingewiesen sei noch auf die Aussage von MOOS (1925: 238–239), daß die Silvana-Schichten dort, wo sie über die NW-Grenze der Kirchberger Schichten übergreifen, nach einer Schichtlücke auf älteren Schichten liegen. Auch hatte KIDERLEN schon 1928 (: 605; wie 1931: 336 f.) eine „Große Sedimentationslücke und teilweise Ausräumung" während des Helvet beiderseits der Graupensandrinne festgestellt.

laufs des NW-Randes der Graupensandrinne zwischen der Bohrung NW Bergheim (s. GALL) und den Bohrungen Bergheim A–C ist die Graupensandrinne im Gebiet Wittislingen–Dillingen etwa 6 km breit belegt. Die resedimentierten Knollen in den Knollen-Kalkmergeln der obersten OMM stammen vielleicht aus aufgearbeiteten Helicidenschichten. Führen doch (GALL: 70) „Die unteren *Silvana*-Schichten nahe des Bohrpunktes [NW Bergheim] zudem ... reichlich Material der aufgearbeiteten basalen OMM-Ablagerungen." Das spricht „Für eine teilweise Abtragung der höchsten OMM-Schichten während einer Sedimentationsunterbrechung" [und für eine Einschwemmung der marinen Mikrofauna in die Knollen-Kalkmergel ?]. Der etwas höhere Teil der 4–6 m mächtigen Schichtfolge an der Basis der OSM westlich Dischingen und am Michelsberg kann laut GALL (1971 a: 71) petrographisch und nach Landschnecken „mit den Unteren *Silvana*-Schichten (Unteres Torton) parallelisiert" und als typische Flammenmergel bezeichnet werden. Fossilien aus der Bohrung NW Bergheim sprechen für unteres Torton (GALL 1971 a: 74–75). Die WENZ'schen Flammenmergel liegen jedoch in der Graupensandrinne (s. ZÖBELEIN 1985 b: Tab. 1 Nr. 45). – Beiderseits der Graupensandrinne lag das Gelände während deren Entstehung und Füllung in Form der nordwestlichen und südöstlichen Albsteinfläche (-schwelle) höher (Lit. s.: 157[4]). Auf beiden entstand in dieser Zeit der junghelvetisch-alttortone Hiatus (vgl. ZÖBELEIN 1985b: Tab. 1, 1. und 4. Profil). Da das Gebiet des Blattes Wittislingen ganz und jenes von Blatt Donauwörth (s. Abschn. 3) größtenteils auf der nordwestlichen Albsteinschwelle liegt, dürfte das Untersttorton dort in den besagten Hiatus fallen. Graupensandrinne und Albsteinschwelle gehen auf weite Erstreckung nebeneinander einher. BÜCHI & SCHLANKE sehen (1977: 66) die Fortsetzung der Albsteinschwelle in der „Lägernschwelle" der Ostschweiz, die „vor allem im Helvetian und Tortonian aktiv" war (s. dazu ZÖBELEIN 1985 a: 85[5]). Der Nachweis der Graupensandrinne bei Ingolstadt macht es wahrscheinlich, daß die Albsteinschwelle ostnordostwärts mindestens bis dorthin fortsetzt, Untersttorton also auf ihr auch nicht abgelagert wurde.

L. Zusammenfassung

Aus Wasserbohrungen von Manching und Ingolstadt standen noch Bohrproben zur Verfügung. Die Profile werden stratigraphisch gedeutet und mit unmittelbar benachbarten Bohrprofilen verglichen. Daraus und aus der Sedimentabfolge am Südrand des Schwäbisch-Fränkischen Jura ergeben sich Hinweise auf die Tektonik des Weißjura-Untergrundes. Vergleichende sedimentpetrographische Untersuchungen von anstehenden Grimmelfinger Schichten von Grimmelfingen und Eggingen und den „Quarzsanden und -kiesen" aus den Bohrungen bei Manching und Ingolstadt bestätigen, daß letztere Grimmelfinger Schichten sind. Die Mineralzufuhr erfolgte von N und E. Eine Zumischung alpinen Materials läßt an eine lokale Aufarbeitung von OMM denken. Der Mineralbestand wird mit jenem der chattischen Glassande im Molassebekken verglichen. Überlagernde fossilführende Kirchberger Schichten bei Ingolstadt belegen die übliche Schichtfolge in der Graupensandrinne. Durch den Nachweis von Grimmelfinger Schichten in den Bohrungen wird TRAUB's Aussage (in GALL 1971 a) bestätigt, daß die Graupensandrinne ostnordostwärts bis in den Ingolstädter Raum zu verlängern ist. Von ihrer durchschnittlichen Breite von 10–15 km sind hier etwa 7 km belegt. Die erwiesene Verlängerung der Graupensandrinne reicht von der postulierten Urmain-Mündung in das Molassebecken nach ENE hinaus. Danach trifft KIDERLEN's Annahme (1931) zu, daß der Graupensandfluß einen östlichen Zubringer hatte. LEMCKE zeichnet ihn (1985) als WSW abbiegenden Unterlauf der Urnaab ein. Zufolge neuerer Literatur (Kap. H) sind die Kieselschiefer des Urnaab-Systems keine Lydite aus dem Frankenwald, wie sie das Urmain-System führt. Herr Dr. E.-D. MÜLLER fand unter den spärlichen dunklen Gemengteilen der Proben aus anstehenden und erbohrten Grimmel-

finger Schichten keine typischen Frankenwald-Lydite, höchstens lyditähnliche Kieselschiefer. In der mutmaßlichen Fortsetzung der Graupensandrinne von Ingolstadt gegen ENE wiesen einige Bohrungen keine ansprechbaren Grimmelfinger Schichten auf. Quarzsande in der „Süßbrackwassermolasse" bei Abensberg (WEBER 1978 etc.), die eingehender besprochen wird, können nicht direkt dem „Graupensand-Lieferzug als Zwischenglied" zugeordnet werden. Im WSW von Ingolstadt sind Grimmelfinger Schichten bis Dillingen und weiter erbohrt. Die Graupensandrinne ist hier auf ca. 6 km Breite und am Nordrand mit 100 m Tiefe nachzuweisen. In Berg N Donauwörth steht ein Rest von Helicidenschichten des SW an. Darüber, und wie GALL (1971a) nachgewiesen hat, sonst zwischen OMM und OSM liegt wie im SW der junghelvetisch-alttortone Hiatus. Das setzt auch hier die Existenz der Albschweinschwelle voraus, wobei der vordem allenfalls vorhandene Albstein abgetragen wurde. Die Albsteinschwellen im NW und SE der Graupensandrinne und diese selbst wurden durch eine weitreichende Tektonik verursacht, deren Fortsetzung bis mindestens in den Ingolstädter Raum zu erwarten ist.

M. Berichtigungen und Nachträge zu ZÖBELEIN 1985a und 1985b

1. Zu ZÖBELEIN 1985a

S. 50, 2. Zeile von oben: S. 64 statt „S. 64[2]". – S. 53, vorletzte und letzte Zeile: Wie mir Herr Dr. M. WARTH, Stuttgart, mitteilt, bezieht sich das Zitat auf SCHALCH, F. (1893): Die geologischen Verhältnisse der Bahnstrecke Weizen-Immendingen. – Mitt. großherzogl. bad. geol. Landesanstalt, 2: 137–230, × Abb., 3 Taf., Heidelberg. – S. 66, 3. Zeile von oben: semiarid statt „samiarid". – S. 79, 8. Z. v. unten: Laut Mitt. von Herrn Dr. H. A. HAUS, Überlingen, gilt die Abgrenzung für die USM (s. HAUS 1960: 63). – S. 84, F, 2. Z.: NE statt „SE". – S. 84, 13. Z. v. unten: DENIZOT statt „DENTIZOT".

Zum Travertin von Riedöschingen (ZÖBELEIN 1985a: 52 f.) teilt Herr Dr. F. HOFMANN, Neuhausen am Rheinfall, mit: Darin kommen karstartige Löcher vor, die eindeutigen marinen Grobsand moldanubischer Herkunft enthalten, der nur zur Zeit der OMM dorthin gelangt sein konnte. Analoger Grobsand kommt schon im Randengrobkalk und in den Deckschichten der OMM vor, weil die Zufuhr dieser Sande aus ENE während der ganzen Zeit der OMM aktiv war. Weder im Travertin noch in den begleitenden roten Mergeln kommen hingegen irgendwelche Spuren vulkanischer Mineralkörner vor, wie sie für die Helicidenmergel typisch sind. „Ich habe deshalb den Eindruck, daß der Travertin in die USM zu stellen ist. Ich erinnere mich, vor Jahren östlich von Riedöschingen Helicidenmergel mit Fossilien gesehen zu haben, nicht aber im Bereich des Travertins selbst." – Anmerkung des Verf.: E.-D. MÜLLER beschreibt (1972: 40) „Travertinartige Sinterkalke" des Oligozän, die von „schwach geregelten, feinen, gekrümmten Röhrchen" durchsetzt sind (vgl. LEUZE in ZÖBELEIN 1985a: 53b 1.). Am Aufbau des Kalkes dürfte „nur die Beteiligung von krustenbildenden Cyanophyceen" gesichert sein. Diese und *Microcodium elegans* (das seit dem Eozän bekannt ist) finden sich auch in oligozänen Krustenkalken, die u. a. oft aufgearbeitete Komponenten (bis 3 Generationen) führen (MÜLLER: 39). Der Autor verweist auf Ähnlichkeiten dieser Krustenkalke mit dem Albstein.

2. Zu ZÖBELEIN 1985b

S. 224[3]: Die Schwermineralpräparate zu ZÖBELEIN 1939/1940 liegen seit 18.10.1977 beim Univ.-Inst. f. Allg. u. Angew. Geologie in München. – S. 249, Nr. 103i, 10. Zeile: MN 5 statt „M 5". – S. 263, 2. Abschnitt, 5. Z. von unten: Orleanium statt „Orleaneum". – S. 270, PAPP & STEININGER: Messinian statt „Messininian". – Tab. 1, 10. Profil, Spalte b (nach B. HOFMANN 1973): Pfeile vom Verf. zugesetzt. – 10. Profil, Spalte h: Die Grenze Baden/Karpat verläuft

nach Kleinsäugern (det. SCHÖTZ) etwa durch den Unteren Hangenden Nördlichen Vollschotter (UHNVS), da (: 248) Nr. 103 d dem Baden, Nr. 103 e „noch dem Karpat zuzuordnen" ist. Die Bezeichnung „Baden (MN 6)" ist also um 6 mm nach oben zu verschieben und unten abzugrenzen. Das Fragezeichen entfällt. Nach Kleinsäugern liegt die Grenze Baden/Karpat somit nur wenig über jener nach Großsäugern (s.: 249 Nr. 103j).

Schriftenverzeichnis

AMMON, L. VON (1911): Bayerische Braunkohlen und ihre Verwendung. – 83 S., 16 Abb., 1 Kt. 1:1000000; München (C. Wolf & Sohn).

ANDRES, G. (1951): Die Landschaftsentwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet Hofstetten – Gaimersheim – Wettstetten nördlich von Ingolstadt. – Geol. bavar., **7**: 1–57, 8 Abb., 4 Taf., 1 geol. Kt. 1:25000; München.

BADER, K. & SCHMIDT-KALER, H. (1977): Der Verlauf einer präriesischen Erosionsrinne im östlichen Riesvorland zwischen Treuchtlingen und Donauwörth. – Geol. bavar., **75**: 401–410, 2 Abb., 1 Beil.; München.

BÜCHI, U. P. & SCHLANKE, S. (1977): Zur Paläogeographie der schweizerischen Molasse. – Erdgas-Erdöl-Z., **93**: 57–69, 8 Abb., 3 Tab.; Hamburg-Wien.

DREXLER, O. & EMMERT, U. (1985): Schotteruntersuchungen zur plio-pleistozänen Landschaftsentwicklung im südlichen Fichtelgebirgsvorland. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **67**: 243–263, 4 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.

Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300000 (1955). – 106 S., 7 Abb., 3 Profiltaf.; München (Bayer. geol. Landesamt). [„Erläuterungen zur Molassekarte"]

FÜCHTBAUER, H. (1954): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse. – Heidelberger Beitr. Miner. Petrogr., **4**: 26–53, 6 Abb.; Heidelberg.

FÜCHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. – Ecl. geol. Helv., **57**: 157–298, 29 Abb., 12 Tab.; Basel.

GALL, H. (1971 a): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7328 Wittislingen. Mit einem bodenkundlichen Beitrag von TH. DIETZ und einem geophysikalischen Beitrag von J. POHL. – 186 S., 17 Abb., 6 Tab.; München (Bayer. geol. Landesamt).

GALL, H. (1971b): Obere Süßwassermolasse (Hangendserie) über Riestrümmermassen bei Graisbach (südöstliches Vorries) und ihre Bedeutung für die Landschaftsgeschichte der Schwäbisch-Fränkischen Alb. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **11**: 295–327, 6 Abb.; München.

GALL, H. & HÜTTNER, R. & MÜLLER, D. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rieses 1:50000. Mit Beiträgen von R. DEHM, G. GRAUP, J. POHL, Vorwort von H. VIDAL. – Geol. bavar., **76**: 191 S., 34 Abb., 1 Beil. (geol. Kt.); München.

GALL, H. & MÜLLER, D. (1970): Die Monheimer Höhensande. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **52**: 113–131, 2 Abb., 1 Taf., 1 Tab.; Stuttgart.

Geologische Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300000 (1954). – München (Bayer. geol. Landesamt). [„Molassekarte"]

GÜMBEL, C. W. VON (1891): Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura). – 736 S., zahlr. Abb., 5 geol. Kt., 1 geol. Übers.-Kt. 1:500000; Cassel (Th. Fischer).

HELING, D. (1966): Sedimentologische Untersuchungen an Grimmelfinger Graupensanden. – Beitr. Miner. Petrologie (Contr. Miner. Petrology) **12**: 192–201, 8 Abb.; Berlin-Heidelberg-New York.

HILTERMANN, H. (1966): Klassifikation rezenter Brack- und Salinar-Wässer in ihrer Anwendung für fossile Bildungen. – Z. deutsch. geol. Ges., **115**, 1963: 463–496, 7 Abb., 2 Tab., Taf. 11, 12; Hannover.

HÜTTNER, R. (1961): Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des östlichen Härtsfeldes (Schwäbische Alb). – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., **4**: 49–125, Abb. 3–7, Tab. 1–2, Taf. 4; Freiburg i. Br.

JOOSS, C. H. (1923): Die Schneckenfauna der süddeutsch-schweizerischen Helicidenmergel und ihre Bedeutung für die Altersbestimmung der letzteren. – N. Jb. Miner. etc., **49**. Beil.-Bd.: 185–210, Taf. 11; Stuttgart.

KALOGIANNIDIS, K. (1981): Geologische Untersuchungen zur Flußgeschichte der Naab (NO-Bayern). – Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, **40**: 203 S., 31 Abb., 4 Tab.; Köln.

KAUTER, K. (1938): Untersuchungen über den geologischen Bau des Alten Gebirges und des jüngeren Vorlandes in der Umgebung von Kemnath/Opf. – Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1 :25000, Blatt 124 Kemnath, 48 S., 2 Abb., 1 Profil; München (Geol. Landesunters. bayer. Oberbergamt).

KIDERLEN, H. (1928): Zur Kenntnis der süddeutschen Molasse. – Cbl. Miner. etc., Abt. B, **1928**: 601–607; Stuttgart.

KIDERLEN, H. (1931): Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. – N. Jb. Miner. etc., Beil. Bd. 66, Abt. B: 215–384, 15 Abb., Taf. 20–21; Stuttgart.

LEMCKE, K. (1985): Flußfracht von Ur-Main und Ur-Naab in der Schweiz und im deutschen Molassebekken. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., **51**, Nr. 121: 13–21, 1 Abb.; Riehen/Basel.

LEMCKE, K. u. ENGELHARDT, W. VON & FÜCHTBAUER, H. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. Unter paläontologischer Mitarbeit von H. FAHRION & E. W. STRAUB. – Beih. geol. Jb., **11**: 117 + A 64 S., 31 Abb., 9 Taf., 72 Tab.; Hannover.

Molassekarte (1954): Siehe Geologische Übersichtskarte etc.

MOOS, A. (1925): Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm a. D. und Donauwörth. – Geogn. Jh., 37, 1924: 167–252, 1 geol. Kt. 1 :200000, 2 Taf., München.

MÜLLER, E.-D. (1972): Die Oligozän-Ablagerungen im Gebiet des Nördlinger Rieses. – Diss. Fak. Geowiss. Univ. München: 249 S., 13 Abb., 8 Tab., 4 Taf.; München.

MÜLLER, U. G. (1981): Die Schotter im Vorland von Frankenwald und Fichtelgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Kieselschiefer-Gerölle. – Diss. Univ. Köln: 144 S., 35 Abb., 2 Beil.; Köln.

NEUMAIER, F. (1955) und Mitarbeiter: Das ostniederbayerische Tertiär (: 68–80, 2 Abb.). – In: „Erläuterungen zur Molassekarte" (s. dort).

PAPP, A. (1956): Fazies und Gliederung des Sarmats im Wiener Becken. – Mitt. geol. Ges. Wien, 47, 1954: 35–97, 3 Tab.; Wien.

SCHETELIG, K. (1962): Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet der Blätter Donauwörth und Gederkingen. – Geol. bavar., 47: 98 S., 25 Abb., 1 geol. Kt. 1:25000 Bl. Donauwörth; München.

SCHLICKUM, W. R. (1963): Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse von Ober- und Unterkirchberg. – Arch. Moll., 92: 1–10, Taf. 1; Frankfurt a. M.

SCHLICKUM, W. R. (1964): Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse Niederbayerns. – Arch. Moll., **93**: 1–70, Taf. 1–5; Frankfurt a. M.

SCHMIDT-KALER, H. (1967): Schutzfels-Schichten in flächenhafter Verbreitung an der Abbiegung der Frankenalb bei Neustadt/Donau. Mit einem Beitrag von M. Salger. – Geol. Bl. NO-Bayern, **17**: 1–12, 2 Abb., 1 Taf.; Erlangen.

SCHMIDT-KALER, H. (1968 a): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 :25000, Blatt Nr. 7136 Neustadt a. d. Donau. Mit Beiträgen von K. BADER (Geophysik), TH. DIETZ (Quartär), E. HOHENSTATTER & V. VIDAL (Moorvorkommen), H. NATHAN (Paludinen aus den Schottern der Niederterrasse). – 167 S., 34 Abb., 6 Taf., 5 Tab., 1 Beil.; München (Bayer. geol. Landesamt).

SCHMIDT-KALER, H. (1968 b): Posttortone Tektonik am Südostrand der Frankenalb und das Abtauchen der Malmoberfläche südöstlich von Neustadt a. d. Donau. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 50: 81–90, 3 Abb.; Stuttgart.

SCHMIDT-KALER, H. (1974): Nachweis der Überlagerung von Bunter Breccie durch Monheimer Höhensande. (Ergebnisse der Untersuchungskernbohrung Monheim-Stickelberg). – Geol. Bl. NO-Bayern, **24**: 101–105, 1 Abb.; Erlangen.

SCHNITTMANN, F. X. (1958): Eine Wasserbohrung der Brauerei Karl Neumaier in Neustadt a. d. Donau. – Geol. Bl. NO-Bayern, **8**: 139–140; Erlangen.

SCHNITTMANN, F. X. (1966): Der Jurarand zwischen Abensberg und Bad Gögging bei Neustadt an der Donau. – Acta Albertina Ratisbonensia, **26**: 123–132, 1 Kt.; Regensburg.

SCHNITZER, W. A. (1965): Geologie des Weißen Jura auf den Blättern Kipfenberg und Gaimersheim (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **57**: 1–45, 15 Abb., 1 geol. Kt. 1 :25000; Erlangen.

TERRA, H. DE (1925): Die Umgebung von Erbendorf. – N. Jb. Miner. etc., **51**. Beil.-Bd.: 353–412, 1 Kt., 2 Prof. (Taf. VIII); Stuttgart.

THENIUS, E. (1982): Zur Paläoklimatologie des Pannon (Jungmiozän) in Niederösterreich. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh, **1982**: 692–704; Stuttgart.

TILLMANNS, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. – Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, **30**: 198 S., 1 Abb., 4 Tab., 7 Beil.; Köln.

TRAUB, F. (1971): Zur Wasserversorgung der Stadt Ingolstadt. – Geol. bavar., **66**: 356–364, 2 Abb., 1 Taf.; München.

WEBER, K.-H. (1978): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7137 Abensberg. Mit Beiträgen von R. APEL (Hydrogeologie), K. BADER (Geophysikalische Untersuchungen), R. K. F. MEYER (Massenkalk und Kelheimer Fazies), O. WITTMANN (Die Böden), – 386 S., 45 Abb., 9 Tab., 3 Beil.; München (Bayer. geol. Landesamt).

WEBER, K.-H. (1980): Süßbrackwassermolasse am Kelheimer Vorsprung der südöstlichen Frankenalb: (1) Gesteinsfolge und Altersverhältnisse. – Geol. Bl. NO-Bayern, **30**: 175–196, 6 Abb.; Erlangen.

WEBER, K.-H. (1981): Süßbrackwassermolasse am Kelheimer Vorsprung der südöstlichen Frankenalb: (2) Lagerungsverhältnisse und paläogeographische Entwicklung. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31**: 413–420, 7 Abb.; Erlangen.

WURM, A. (1934): Zur Geschichte der tertiären Flußsysteme im Osten Bayerns. – N. Jb. Miner. etc., **71**. Beil.-Bd., Abt. B: 165–193, 1 Kt. (Taf. V); Stuttgart.

WURM, A. (1961): Geologie von Bayern. Frankenwald, Münchberger Gneismasse, Fichtelgebirge, Nördlicher Oberpfälzer Wald. 2. Aufl. – 555 S., 157 Abb., 13 Taf., 6 Beil.; Berlin (Borntraeger).

ZÖBELEIN, H. K. (1983): Die Vorlandmolasse bei Günzburg a. d. Donau und Heggbach bei Biberach a. d. Riß im Rahmen des süddeutschen Jungtertiärs. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **23**: 151–187, 2 Tab.; München.

ZÖBELEIN, H. K. (1985a): Helicidenschichten und Albstein in der miozänen Vorlandmolasse Südwestdeutschlands. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., **27**: 41–92, 1 Abb.; Freiburg i. Br.

ZÖBELEIN, H. K. (1985b): Stratigraphie der nördlichen und teils mittleren Vorlandmolasse zwischen Hegau und Isar anhand von 11 Profilen. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **25**: 209–273, 1 Abb, 3 Tab.; München.